

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: **Masafumi IDE**

Serial Number: **Not Yet Assigned**

Filed: **February 24, 2004**

For: **LIQUID CRYSTAL OPTICAL MODULATOR AND DRIVE METHOD**

Attorney Docket No.: **042140**

Customer No.: **38834**

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119

Commissioner for Patents
P. O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

February 24, 2004

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

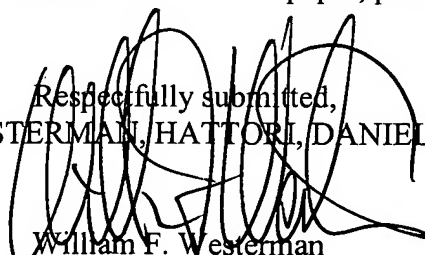
Japanese Appln. No. 2003-054356, filed on February 28, 2003

In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicant has complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copy/copies.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 50-2866.

Respectfully submitted,
WESTERMAN, HATTORI, DANIELS & ADRIAN, LLP


William F. Westerman
Reg. No. 29,988

1250 Connecticut Avenue, N.W., Suite 700
Washington, D.C. 20036
Tel: (202) 822-1100
Fax: (202) 822-1111
WFW/yap

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 2月28日
Date of Application:

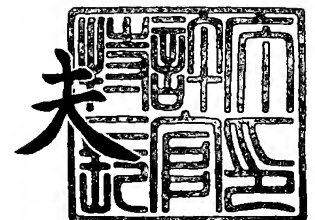
出願番号 特願2003-054356
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-054356]

出願人 シチズン時計株式会社
Applicant(s):

2004年 1月26日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康夫



出証番号 出証特2004-3002523

【書類名】 特許願

【整理番号】 01-0438P

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02F 1/13

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都西東京市田無町六丁目 1 番 1 2 号 シチズン時計
 株式会社内

 【氏名】 井出 昌史

【特許出願人】

 【識別番号】 000001960

 【氏名又は名称】 シチズン時計株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100101915

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 塩野入 章夫

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 170635

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 液晶光変調装置およびその駆動方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ストライプ状に配した複数のストライプ電極を有する第 1 の基板と、対向電極を有する第 2 の基板との間に挟持した液晶分子層を備え、前記各ストライプ電極の両端に異なる電圧を印加して前記液晶分子層に屈折率の変調を生じさせることができる液晶光変調装置において、
前記第 2 の基板は前記ストライプ電極の所定の領域に対応する分割した対向電極を備え、
前記ストライプ電極及び対向電極の印加電圧により、前記液晶分子層の屈折率の変調領域として、液晶分子層への印加電圧に対する複屈折率が下に凸の特性を示す曲線変調領域又は上に凸の特性を示す曲線変調領域を用い、前記液晶光変調装置の動作を凹レンズ又は凸レンズとして動作させることを特徴とする液晶光変調装置。

【請求項 2】 ストライプ状に配した複数のストライプ電極を有する第 1 の基板と、対向電極を有する第 2 の基板との間に挟持した液晶分子層を備え、前記各ストライプ電極の両端に異なる電圧を印加して前記液晶分子層に屈折率の変調を生じさせることができる液晶光変調装置において、
前記第 2 の基板は前記ストライプ電極の所定の領域に対応する分割した対向電極を備え、
前記分割した対向電極に印加するバイアス信号の位相制御により液晶分子層の屈折率の位相変調曲線上の動作点をシフトさせるとともに、前記複数のストライプ電極を制御する制御信号によって液晶光変調装置のレンズ動作の焦点距離を可変とすることを特徴とする液晶光変調装置。

【請求項 3】 前記ストライプ電極は、平行ストライプ形状の多数の透明電極で構成されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 の記載の液晶光変調装置。

【請求項 4】 前記複数のストライプ電極を接続する接続用ストライプ電極を備え、
当該接続用ストライプ電極は、前記ストライプ電極と同じか高いシート抵抗を有

していることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の液晶光変調装置。

【請求項 5】 前記接続用導電ストライプ電極は、透明導電電極で構成されていることを特徴とする請求項 4 に記載の液晶光変調装置。

【請求項 6】 前記第 2 の基板に設けられた対向電極は、光学的に透明であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れかに記載の液晶光変調装置。

【請求項 7】 液晶を用いた光変調装置において、半円環形状をした多数の導電電極が同心円状に配置されており、且つ、前記同心円状に配置されている多数の導電電極を一つ又は複数の接続用導電電極で電氣的に束ねてなる複合電極を有する第 1 の基板と、

前記複合電極の所定の領域に対応する分割した対向電極を有する第 2 の基板と、

前記第 1 の基板と第 2 の基板で挟持した液晶分子層を含む光学要素を備え、

前記接続用導電電極の端部には制御信号を印加するための信号電極を有し、各信号電極に所定の電圧を印加することで、各信号電極間の接続用導電ストライプ電極に直線状の電位傾斜を発生させ、

前記分割した前記対向電極に所定の対向電圧を印加し、

ホモジニアス配向またはホメオトロピック配向した液晶の電気光学特性の曲線変調領域において、前記電圧印加により液晶分子層に屈折率の変調を生じさせるように構成し、

前記ストライプ電極及び対向電極の印加電圧により、前記液晶分子層の屈折率の変調領域として、液晶分子層への印加電圧に対する複屈折率が下に凸の特性を示す曲線変調領域又は上に凸の特性を示す曲線変調領域を用い、前記液晶光変調装置の動作を凹レンズ又は凹レンズとして動作させることを特徴とする液晶光変調装置。

【請求項 8】 液晶を用いた光変調装置において、半円環形状をした多数の導電電極が同心円状に配置されており、且つ、前記同心円状に配置されている多数の導電電極を一つ又は複数の接続用導電電極で電氣的に束ねてなる複合電極を有する第 1 の基板と、

前記複合電極の所定の領域に対応する分割した対向電極を有する第 2 の基板と、

前記第 1 の基板と第 2 の基板で挟持した液晶分子層を含む光学要素を備え、

前記接続用導電電極の端部には制御信号を印加するための信号電極を有し、各信号電極に所定の電圧を印加することで、各信号電極間の接続用導電ストライプ電極に直線状の電位傾斜を発生させ、

前記分割した前記対向電極に所定の対向電圧を印加し、

ホモジニアス配向またはホメオトロピック配向した液晶の電気光学特性の曲線変調領域において、前記電圧印加により液晶分子層に屈折率の変調を生じさせるように構成し、

前記分割した対向電極に印加するバイアス信号の位相制御により液晶分子層の屈折率の位相変調曲線上の動作点をシフトさせるとともに、前記複数のストライプ電極を制御する制御信号によって液晶光変調装置のレンズ動作の焦点距離を可変とすることを特徴とする液晶光変調装置。

【請求項 9】 前記半円環形状をした多数の導電電極は透明導電電極で構成されていることを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載の液晶光変調装置。

【請求項 10】 前記複数の半円環形状の導電電極を接続する接続用ストライプ電極を備え、

当該接続用ストライプ電極は、前記導電電極と同じか高いシート抵抗を有していることを特徴とする請求項 7 乃至 9 のいずれかに記載の液晶光変調装置。

【請求項 11】 前記接続用導電電極は、透明導電電極で構成されていることを特徴とする請求項 7 乃至 10 の何れかに記載の液晶光変調装置。

【請求項 12】 前記第 2 の基板に設けられた対向電極は、光学的に透明であることを特徴とする請求項 7 乃至 11 の何れかに記載の液晶光変調装置。

【請求項 13】 前記接続用導電電極は、正方開口部の対角線の位置に 2 本形成されていることを特徴とする請求項 7 乃至 12 の何れかに記載の液晶光変調装置。

【請求項 14】 前記半円環形状をした同心円状に配置された多数の導電電極はその一部にスリット部が設けられており、当該スリット部により少なくとも 2 つの群に区分されていることを特徴とする請求項 7 乃至 13 の何れかに記載の液晶光変調装置。

【請求項 15】 前記半円環形状をした同心円状に配置された多数の導電電

極からなる導電電極群は、更にセグメントストライプ状の多数の導電電極を含んでいることを特徴とする請求項 7 から 14 の何れかに記載の液晶光変調装置。

【請求項 16】 ホモジニアス配向の場合は、液晶分子層のプレティルト角が 0.5 度から 20 度の所定の値となるように形成したことを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れかに記載の液晶光変調装置。

【請求項 17】 ホモジニアス配向の場合は、液晶分子層のプレティルト角が 0.5 度から 20 度の所定の値となるように形成したことを特徴とする請求項 7 から 15 の何れかに記載の液晶光変調装置。

【請求項 18】 前記スリット部に直交する向きに液晶分子層のダイレクタ方向を設定することを特徴とする請求項 7 から 15 の何れかに記載の液晶光変調装置。

【請求項 19】 請求項 7 から 18 の何れかに記載された液晶光変調装置が複数個二次元的に互いに隣接して配置されていることを特徴とする液晶光変調装置。

【請求項 20】 液晶を用いた光変調装置において、平行ストライプ形状をした多数の導電電極を一つ若しくは複数の接続用導電ストライプ電極で電氣的に束ねた複合電極を有する第 1 の基板と、複合電極の所定の領域に対応する分割した対向電極を有する第 2 の基板と、第 1 の基板と第 2 の基板に挟持した液晶分子層を含む光学要素を備え、接続用ストライプ電極には所定の間隔で制御信号を印加するための信号電極を有し、各信号電極に所定の電圧を印加することで各信号電極間の接続用導電ストライプ電極に直線状の電位傾斜を発生させ、分割した対向電極に所定の対向電圧を印加し、それによりホモジニアス配向またはホメオトロピック配向した液晶の電気光学特性の曲線変調領域により液晶分子層に屈折率の変調を生じさせるように構成されている液晶光変調装置において、駆動波形を印加する所定の信号電極間に 2 つの 180 度位相の異なる同じ振幅で同じ周波数の駆動波形を印加することを特徴とする液晶光変調装置の駆動方法。

【請求項 21】 液晶を用いた光変調装置において、半円環形状をした多数の導電電極が同心円状に配置されており、且つ、前記同心円状に配置されている当該多数の導電電極が一つ又は複数の接続用導電電極で電氣的に束ねた複合電極

を有する第1の基板と、複合電極の所定の領域に対応する分割した対向電極を有する第2の基板と、第1の基板と第2の基板に挟持した液晶分子層を含む光学要素を備え、接続用導電電極の端部には制御信号を印加するための信号電極を有し、各信号電極に所定の電圧を印加することで、各信号電極間の接続用導電電極に直線状の電位傾斜を発生させ、分割した対向電極に所定の対向電圧を印加し、それによりホモジニアス配向またはホメオトロピック配向した液晶の電気光学特性の曲線変調領域により液晶分子層に屈折率の変調を生じさせるように構成されている液晶光変調装置において、

駆動波形を印加する所定の信号電極間に2つの180度位相の異なる同じ振幅で同じ周波数の駆動波形を印加することを特徴とする液晶光変調装置の駆動方法。

【請求項22】 液晶を用いた光変調装置において、平行ストライプ形状をした多数の導電電極を一つ若しくは複数の接続用導電ストライプ電極で電氣的に束ねた複合電極を有する第1の基板と、複合電極の所定の領域に対応する分割した対向電極を有する第2の基板と、第1の基板と第2の基板に挟持した液晶分子層を含む光学要素を備え、接続用ストライプ電極には所定の間隔で制御信号を印加するための信号電極を有し、各信号電極に所定の電圧を印加することで各信号電極間の接続用導電ストライプ電極に直線状の電位傾斜を発生させ、分割した対向電極に所定の対向電圧を印加し、それによりホモジニアス配向またはホメオトロピック配向した液晶の電気光学特性の曲線変調領域により液晶分子層に屈折率の変調を生じさせるように構成されている液晶光変調装置において、

駆動波形を印加する所定の信号電極間に2つの180度位相の異なる同じ振幅で同じ周波数の駆動波形を印加する期間と液晶分子層に交流バイアスを印加する期間を設けることを特徴とする液晶光変調装置の駆動方法。

【請求項23】 液晶を用いた光変調装置において、半円環形状をした多数の導電電極が同心円状に配置されており、且つ、前記同心円状に配置されている当該多数の導電電極が一つ又は複数の接続用導電電極で電氣的に束ねた複合電極を有する第1の基板と、複合電極の所定の領域に対応する分割した対向電極を有する第2の基板と、第1の基板と第2の基板に挟持した液晶分子層を含む光学要素を備え、接続用導電電極の端部には制御信号を印加するための信号電極を有し

、各信号電極に所定の電圧を印加することで、各信号電極間の接続用導電ストライプ電極に直線状の電位傾斜を発生させ、分割した対向電極に所定の対向電圧を印加し、それによりホモジニアス配向またはホメオトロピック配向した液晶の電気光学特性の曲線変調領域により液晶分子層に屈折率の変調を生じさせるように構成されている液晶光変調装置において、

駆動波形を印加する所定の信号電極間に2つの180度位相の異なる同じ振幅で同じ周波数の駆動波形を印加する期間と液晶分子層に交流バイアスを印加する期間を設けることを特徴とする液晶光変調装置の駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、液晶光変調装置に関し、更に詳しくは衛星間や地上衛星間光通信あるいは地上での自由空間光通信において、安定な光通信リンクを維持するために適用する補償光学技術に用いることを可能とした、凹レンズまたは凸レンズとして動作、または凹レンズと凸レンズの動作を可変とした液晶光変調装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

レーザー通信の通信速度を増加させるためにはビット当たりの光量を一定に保ち全体の光量を増加することが必要である。このために送信機および受信機のアンテナ利得を高めることが重要となる。また、地上と衛星間などの自由空間光通信においては、光の伝送路に大気ゆらぎがあるため、大気中を伝搬するレーザービームの波面が乱れてしまう。その対策として、アンテナ径を増大させてアンテナ利得を高めることが考えられる。しかし、ある程度以上にアンテナ口径を増加させても、大気ゆらぎによる波面歪みのためにアンテナの指向性は鋭くならず、アンテナ利得もある一定値以上には増加できないという問題がある。

【0003】

したがって、自由空間において高速光通信を行うためには、大気ゆらぎを補償する必要がある。近年、補償光学技術を用いて大気ゆらぎを補償する光通信技術

の開発が進んでいる。

【0 0 0 4】

この補償光学技術を用いた光通信技術において、波面センサにより検出した波面歪みのデータを用いて可変形鏡を制御し、大気ゆらぎの影響のない波面を再生する。

【0 0 0 5】

この様に、前記補償光学技術を用いて波面歪みを検出することが重要な要素となる。その波面検出センサの一つの例としてシャック・ハルトマン型センサがある。図 3 2 にシャック・ハルトマン型センサの原理を示す。入射した波面歪みを持った入射光 2 7 0 1 はマイクロレンズアレイ 2 7 0 3 によって分割され C C D アレイ 2 7 0 5 上に焦点 2 7 0 7 を結ぶ。この焦点 2 7 0 7 の位置は、前記 C C D アレイ 2 7 0 5 の光強度検出値を基に算出した強度分布曲線 2 7 0 9 のピーク値から求められる。つまり、この光強度検出により焦点 2 7 0 7 の位置ズレが判明するのである。

【0 0 0 6】

この位置のズレが、各マイクロレンズの小開口で分割された入射光 2 7 0 1 の各部分の波面の傾きに相当し、その傾きの情報は波面の一次微分に比例するため、その情報を基に演算を行い、大気ゆらぎの影響のない波面の再構成に用いることができる。

【0 0 0 7】

ここで、マイクロレンズの直径と焦点距離は波面の再生精度に影響を及ぼすこととなる。つまり、その焦点距離は測定系の波面の傾きを検出する精度を決めることとなる。また、マイクロレンズの直径は焦点の輝度と測定しようとする波面歪みの空間分解能に影響するので、高い空間分解能を得るには、その分だけ直径を小さくしなくてはならない。

【0 0 0 8】

また、前述したマイクロレンズアレイ 2 7 0 3 は、固定焦点型である。しかし、波面歪みは測定場所と季節に大きく依存するため、測定しようとする波面歪みの程度に応じて複数種の固定焦点型マイクロレンズアレイを交換して使用する必

要がある。レンズアレイの交換は、装置を大型にし、また、交換に時間を要するという問題がある。よって、マイクロアレイレンズを構成するマイクロレンズを可変焦点型とするが望まれている。

【0009】

上述した用途で前記マイクロレンズアレイを実現する一方法として、以下に示す構成の液晶光変調装置を一つのレンズとし、その液晶光変調装置をアレイ状に配置して、上記マイクロレンズアレイとして機能させる技術を本願出願人により既に提案した（例えば、特許文献1参照）。

【0010】

この構成によれば、前述した液晶光変調装置とは異なり、液晶の位相変調領域の二次曲線に近似された領域を使用して複数のストライプ電極の両端に所定の電圧を印加することにより、この液晶光偏光装置を凸レンズとして動作させることができる。その構成と動作について説明する。

【0011】

まず、本方式の液晶光変調装置による液晶レンズの構成を説明する。図1は可変焦点型マイクロレンズアレイに用いる一つの液晶光変調装置の構成を説明するための断面図である。

【0012】

図1に示すように、液晶光変調装置は、複合電極111を形成する第1の基板103と、全面電極である対向電極113を形成する第2の基板105との間にネマティック液晶層101を挟持することにより構成している。ネマティック液晶層101は、第1の基板の複合電極111の上と第2の基板の対向電極113の上とに形成した配向層117によって電界無印加時のp型液晶分子のダイレクタ107のティルト角109が0.5度から20度となるようにホモジニアス配向としている。第1の基板103及び第2の基板105の、それぞれ液晶層と反対側の面には反射防止用の無反射コート115が設けられる。

【0013】

従来、上記液晶光変調装置を用いて円筒面レンズを構成することが知られている。液晶光変調装置を用いた円筒面レンズを形成するための複合電極111の構

造について図 33 を用いて詳細に説明する。

【0014】

図 33 は複合電極 111 の平面図であり、複合電極 111 は活性領域 2871 に第 1 の円筒面レンズ 2851 と第 2 の円筒面レンズ 2861 の 2 つのレンズ領域を有している。

【0015】

ここで、第 1 の円筒面レンズ 2851 は ITO などの低抵抗多結晶透明導電膜により形成した第 1 のストライプ電極 2820 から第 N のストライプ電極 2829 (図 33 では $N=10$ 本) と、第 2 の円筒面レンズの一本目でもある第 $N+1$ のストライプ電極 2830 から第 2 N のストライプ電極 2839 とによりストライプ電極束を形成し、このストライプ電極束は第 1 の傾斜電位電極 2801 で接続される。この第 1 の傾斜電位電極 2801 は、ストライプ電極と同一材料で一括して形成しても良いが、 In_2O_3 に不純物を所定量添加した材料などの透明でストライプ電極の ITO より高抵抗のアモルファス導電材料で形成することが望ましい。

【0016】

また、第 1 の傾斜電位電極 2801 の両端およびその中央部には、それぞれ Mo や Ag 合金などの低抵抗金属材料からなる信号電極 a 2811、信号電極 b 2813、さらに信号電極 c 2815 に接続している。なお、対向電極 (図示していない) は、ITO によって形成した全面電極としている。

【0017】

図 34 (a) は円筒面レンズの一構成例の斜視図である。第 1 の基板 103 に設けられた複合電極 111 と、第 2 の基板 105 に設けられた全面電極からなる対向電極 113 とはネマティック液晶層 101 を把持し、電極及び液晶を通過する光を屈折させてレンズを構成する。

【0018】

ここで、前記液晶光変更装置に配した傾斜電位電極 2801 に配した各信号電極 a 2811、c 2815 に、振幅と周波数が等しく位相が 180 度異なる交流パルス信号を印加すると共に、信号電極 b 2813 に 0 [V] を印加する。これ

により傾斜電位電極 2801 で直線状電位勾配を作り出し、隣り合うストライプ電極に段階的に電位勾配を持たせることができる。図 35 (a) は、信号電極 a, b, c 間に形成する傾斜電位を示している。この様に、ストライプ電極束によって液晶光変調装置内に線形の傾斜を持った電位分布を生じさせることができる。

【0019】

これにより、例えば 2 つのレンズ領域を 1 つのレンズとして用いる場合には、第 1 の円筒面レンズ 2851 と第 2 の円筒面レンズ 2861 の 2 つのレンズ領域により、凸レンズ領域が形成される。図 34 (a) に示す符号 2901 は、この凸レンズ領域を模式的に示している。

【0020】

次に、従来の液晶層の特性と液晶光変調装置の動作領域について説明する。ホモジニアス配向を採用した液晶光変調装置に入射する入射直線偏光の波面は、図 5 に示すような印加電圧－実効複屈折率特性によって決まる変調を受ける。

【0021】

図 5 において横軸は液晶層への印加電圧 V 、縦軸は実効複屈折率 Δn を示す。なお、ここで示す電気光学応答曲線の形状は、使用する液晶の弾性定数、誘電率異方性特性や電界無印加時の配向層によって決められるプレティルト角などから決まる。また、液晶層の屈折率および複屈折率は波長依存性を持つため光源の波長によっても電気光学応答曲線は変化する。

【0022】

ここで、図 5 における特性図に於いて、液晶電圧 0 [V rms] から第 1 の変曲点までを第 1 の直線領域 521 とし、第 1 の変曲点から第 2 の変曲点までの曲線領域を第 1 の 2 次曲線近似領域 520 とし、第 2 の変曲点から第 3 の変曲点までの曲線領域を第 2 の 2 次曲線近似領域 522 とし、第 3 の変曲点から高電圧側の領域を第 2 の直線領域としてその動作領域について説明する。なお、図 5 では、第 2 の直線領域は示されていない。

【0023】

従来の液晶光変調装置は、第 1 の 2 次曲線近似領域 520 の近傍を凸レンズ曲

線領域とし、この領域を用いて凸レンズ動作をさせている。

【0024】

図5は、プレティルト角をそれぞれ 10° 、 5.0° 、 2.0° 、 0.5° に設定した場合の電気光学応答曲線を示している。図5から理解される様に、プレティルト角を 0.5° に設定した場合、液晶電圧が $0 \sim 1$ [V rms] 迄は、第1の直線領域521となる。従って、この電圧範囲内では液晶光変調装置を球面レンズとして使用することが困難である。

【0025】

一方、その他のプレティルト角の特性曲線に関しては、略液晶電圧が $0 \sim 2$ [V rms] の範囲で最も効率良く球面レンズとして使用することが可能であることが判る。この特性曲線は、液晶の材質や液晶の膜厚等によって変化するが、何れに於いてもプレティルト角が 0.5° の場合を除けば、特に図5の符号520で示される第1の2次曲線近似領域に於いては、液晶は好ましい状態で位相変調層として動作し、このときのプレティルト角は2度から10度が好ましい。

【0026】

前記第1の2次曲線近似領域での液晶レンズの凸レンズの動作例を説明する。例えば、図1における全面電極である対向電極113と信号電極b2813を0 [V] とし、信号電極a2811に第1の2次曲線近似領域520の領域の電圧である $+V$ [V]、信号電極c2815に $-V$ [V] を印加すれば、図35 (a) に示すように、複合電極111に備えた第1の傾斜電位電極2801に電位勾配を持たせることができる。

【0027】

傾斜した電位勾配が印加されたストライプ電極束は、液晶層101に線形傾斜の電位分布を形成する。この電位分布により、液晶層の実効屈折率は、前記した実効複屈折率の特性曲線にしたがって電極位置に応じて異なる値となり、図35 (b) に示すように凸の形状を示す。したがって、この液晶層を通過した光は、実効屈折率の違いにより位相変調される量が異なり屈折する。この様に、各信号電極に任意の電圧を印加することにより、液晶光変調装置に入射する光の位相変調量を制御することができ、この液晶光変調装置が凸レンズとしての動作を可能

とする。

【0028】

また、この液晶光変調装置の複合電極 111 の構成を、円環状の電極パターンとすれば、球面レンズの構成をとることができる。図 36 において、中心電極 3009 を中心として多数の半円環状のストライプ電極 3001～3008 を一つの傾斜電位電極 3010 で電氣的に接続する。傾斜電位電極 3010 の両端部は、円形開口を兼ねる第 1 の信号電極 3031 と第 2 の信号電極 3033 のそれぞれに接続される。ストライプ電極及び信号電極は、第 1 のスリット 3021 及び第 2 のスリット 3023 により 2 つの領域に分離される。

【0029】

球面凸レンズ動作については前述した内容と同じであるが、さらに、円環状の電極パターンの対角線上に傾斜電位電極を配する構成とすることにより、矩形の開口を持つ球面レンズを構成することができる。また、複数の円環上の電極パターンを配してアレイ化し、可変焦点型のマイクロレンズアレイを構成することができる。

【0030】

【特許文献 1】

特開 2000-214429 号公報

【0031】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の液晶光変調装置では、ホモジニアス配向を採用し、液晶に印加される実効値電圧を傾斜電位電極の中心点付近において最も低くなる駆動電圧しか印加することができないため、原理的に特に球面レンズでは凸レンズ動作しか実現できなかった。さらに、組合せレンズ系に組み込んで使用することを考えた場合、焦点可変範囲は大きいことが望ましいが、この従来の構成では、凸レンズ動作だけに限定されるため焦点可変範囲が狭くても構わない用途の場合に限定されてしまうという課題があった。

【0032】

本発明の目的は上記のような課題を解決した液晶光変調装置を提供することに

あり、また、従来の凸レンズ動作に加え、凹レンズの動作を任意に可変可能とした液晶光変調装置とその駆動方法を提供することにある。

【0 0 3 3】

さらに、開口率が大きく単純な構造で駆動法も簡単なマイクロレンズアレイ化に適した液晶光変調装置およびその駆動方法を提供することを目的とする。

【0 0 3 4】

【課題を解決するための手段】

本発明は、実効複屈折率－電圧曲線の高電圧領域を使用することにより、凹レンズとして動作することを可能とし、さらに、凹レンズの動作を任意に可変可能とするものである。

【0 0 3 5】

本発明の第 1 の態様は円筒面レンズの構成に適用することができる。

【0 0 3 6】

本発明の液晶光変調装置は、ストライプ状に配した複数のストライプ電極を有する第 1 の基板と、対向電極を有する第 2 の基板との間に挟持した液晶分子層を備え、各ストライプ電極の両端に異なる電圧を印加して前記液晶分子層に屈折率の変調を生じさせることができる構成であり、第 2 の基板はストライプ電極の所定の領域に対応する分割した対向電極を備え、ストライプ電極及び対向電極の印加電圧により、液晶分子層の屈折率の変調領域として、液晶分子層への印加電圧に対する複屈折率が下に凸の特性を示す曲線変調領域又は上に凸の特性を示す曲線変調領域を用い、液晶光変調装置の動作を凹レンズ又は凹レンズとして動作させる。

【0 0 3 7】

また、本発明の液晶光変調装置は、ストライプ状に配した複数のストライプ電極を有する第 1 の基板と、対向電極を有する第 2 の基板との間に挟持した液晶分子層を備え、各ストライプ電極の両端に異なる電圧を印加して前記液晶分子層に屈折率の変調を生じさせることができる構成であり、第 2 の基板は前記ストライプ電極の所定の領域に対応する分割した対向電極を備え、分割した対向電極に印加するバイアス信号の位相制御により液晶分子層の屈折率の位相変調曲線上の動

作点をシフトさせるとともに、前記複数のストライプ電極を制御する制御信号によって液晶光変調装置のレンズ動作の焦点距離を可変とする。

【0038】

本発明の液晶光変調装置の第1の態様の円筒面レンズの構成において、ストライプ電極は平行ストライプ形状の多数の透明電極で構成される。また、複数のストライプ電極を接続する接続用ストライプ電極を備え、この接続用ストライプ電極は、ストライプ電極と同じか高いシート抵抗を有している。これにより、各ストライプ電極に所定電圧を印加する。接続用導電ストライプ電極は透明導電電極で構成し、また、第2の基板に設けられた対向電極は光学的に透明とすることができる。

【0039】

光は、液晶光変調装置の液晶分子層を通過する際に屈折される。この際、光は、ストライプ電極、接続用ストライプ電極、対向電極等を透過する。

【0040】

この態様において、ホモジニアス配向の場合は、液晶分子層のプレティルト角が0.5度から20度の所定の値となるように形成する。

【0041】

また、本発明の液晶光変調装置は、液晶を用いた光変調装置において、半円環形状をした多数の導電電極が同心円状に配置されており、且つ、同心円状に配置されている多数の導電電極を一つ又は複数の接続用導電電極で電氣的に束ねてなる複合電極を有する第1の基板と、複合電極の所定の領域に対応する分割した対向電極を有する第2の基板と、第1の基板と第2の基板で挟持した液晶分子層を含む光学要素を備える。

【0042】

接続用導電電極は、その端部に制御信号を印加するための信号電極を有し、各信号電極に所定の電圧を印加することにより、各信号電極間の接続用導電ストライプ電極に直線状の電位傾斜を発生させて、分割した対向電極に所定の対向電圧を印加する。この電圧印加により液晶分子層の屈折率を変調する。この変調は、ホモジニアス配向またはホメオトロピック配向した液晶の電気光学特性の曲線変

調領域において行う。

【 0 0 4 3 】

分割した対向電極に印加するバイアス信号の位相制御により液晶分子層の屈折率の位相変調曲線上の動作点をシフトさせるとともに、前記複数のストライプ電極を制御する制御信号によって液晶光変調装置のレンズ動作の焦点距離を可変とする。ここで、凹レンズとして動作させる場合には、液晶分子層の屈折率の変調領域として、液晶分子層への印加電圧に対する複屈折率が下に凸の特性を示す曲線変調領域を用いる。

【 0 0 4 4 】

また、凸レンズ又は凹レンズとして動作を可変とする場合には、液晶分子層の屈折率の変調領域として、液晶分子層への印加電圧に対する複屈折率が上に凸の特性を示す第 1 の曲線変調領域、又は下に凸の特性を示す第 2 の曲線変調領域を選択的に用いる。

【 0 0 4 5 】

半円環形状をした多数の導電電極は、透明導電電極で構成される。また、複数の半円環形状の導電電極を接続する接続用ストライプ電極を備え、この接続用ストライプ電極は、導電電極と同じか高いシート抵抗を有する。これにより、各ストライプ電極に所定電圧を印加する。この接続用導電電極は、透明導電電極で構成される。また、第 2 の基板に設けられた対向電極は光学的に透明である。

【 0 0 4 6 】

接続用導電電極は、正方開口部の対角線の位置に 2 本形成される。半円環形状をした同心円状に配置された多数の導電電極はその一部にスリット部が設けられており、このスリット部により少なくとも 2 つの群に区分される。

【 0 0 4 7 】

半円環形状をした同心円状に配置された多数の導電電極からなる導電電極群は、更にセグメントストライプ状の多数の導電電極を含む。

【 0 0 4 8 】

この態様において、ホモジニアス配向の場合は、液晶分子層のプレティルト角が 0. 5 度から 2 0 度の所定の値となるように形成する。また、スリット部に直

交する向きに液晶分子層のダイレクタ方向を設定する。

【0049】

複数個の液晶光変調装置を二次元的に互いに隣接して配置し、アレイ構成とすることもできる。

【0050】

また、本発明の液晶光変調装置の第1の駆動方法は円筒面状レンズの駆動方法であり、平行ストライプ形状をした多数の導電電極を一つ若しくは複数の接続用導電ストライプ電極で電氣的に束ねた複合電極を有する第1の基板と、複合電極の所定の領域に対応する分割した対向電極を有する第2の基板と、第1の基板と第2の基板に挟持した液晶分子層を含む光学要素を備え、接続用ストライプ電極には所定の間隔で制御信号を印加するための信号電極を有し、各信号電極に所定の電圧を印加することで各信号電極間の接続用導電ストライプ電極に直線状の電位傾斜を発生させ、分割した対向電極に所定の対向電圧を印加し、それによりホモニアス配向またはホメオトロピック配向した液晶の電気光学特性の曲線変調領域により液晶分子層に屈折率の変調を生じさせるように構成されている液晶光変調装置において、駆動波形を印加する所定の信号電極間に2つの180度位相の異なる同じ振幅で同じ周波数の駆動波形を印加する。

【0051】

また、本発明の液晶光変調装置の第2の駆動方法は球面状レンズの駆動方法であり、半円環形状をした多数の導電電極が同心円状に配置されており、且つ、同心円状に配置されている当該多数の導電電極が一つ又は複数の接続用導電電極で電氣的に束ねた複合電極を有する第1の基板と、複合電極の所定の領域に対応する分割した対向電極を有する第2の基板と、第1の基板と第2の基板に挟持した液晶分子層を含む光学要素を備え、接続用導電電極の端部には制御信号を印加するための信号電極を有し、各信号電極に所定の電圧を印加することで、各信号電極間の接続用導電ストライプ電極に直線状の電位傾斜を発生させ、分割した対向電極に所定の対向電圧を印加し、それによりホモニアス配向またはホメオトロピック配向した液晶の電気光学特性の曲線変調領域により液晶分子層に屈折率の変調を生じさせるように構成されている液晶光変調装置において、駆動波形を印

加する所定の信号電極間に 2 つの 180 度位相の異なる同じ振幅で同じ周波数の駆動波形を印加する。

【0052】

また、本発明の液晶光変調装置の第 3 の駆動方法は円筒面状レンズの駆動方法であり、平行ストライプ形状をした多数の導電電極を一つ若しくは複数の接続用導電ストライプ電極で電氣的に束ねた複合電極を有する第 1 の基板と、複合電極の所定の領域に対応する分割した対向電極を有する第 2 の基板と、第 1 の基板と第 2 の基板に挟持した液晶分子層を含む光学要素を備え、接続用ストライプ電極には所定の間隔で制御信号を印加するための信号電極を有し、各信号電極に所定の電圧を印加することで各信号電極間の接続用導電ストライプ電極に直線状の電位傾斜を発生させ、分割した対向電極に所定の対向電圧を印加し、それによりホモジニアス配向またはホメオトロピック配向した液晶の電気光学特性の曲線変調領域により液晶分子層に屈折率の変調を生じさせるように構成されている液晶光変調装置において、駆動波形を印加する所定の信号電極間に 2 つの 180 度位相の異なる同じ振幅で同じ周波数の駆動波形を印加する期間と液晶分子層に交流バイアスを印加する期間を設ける。

【0053】

また、本発明の液晶光変調装置の第 4 の駆動方法は球面状レンズの駆動方法であり、半円環形状をした多数の導電電極が同心円状に配置されており、且つ、前記同心円状に配置されている当該多数の導電電極が一つ又は複数の接続用導電電極で電氣的に束ねた複合電極を有する第 1 の基板と、複合電極の所定の領域に対応する分割した対向電極を有する第 2 の基板と、第 1 の基板と第 2 の基板に挟持した液晶分子層を含む光学要素を備え、接続用導電電極の端部には制御信号を印加するための信号電極を有し、各信号電極に所定の電圧を印加することで、各信号電極間の接続用導電ストライプ電極に直線状の電位傾斜を発生させ、分割した対向電極に所定の対向電圧を印加し、それによりホモジニアス配向またはホメオトロピック配向した液晶の電気光学特性の曲線変調領域により液晶分子層に屈折率の変調を生じさせるように構成されている液晶光変調装置において、駆動波形を印加する所定の信号電極間に 2 つの 180 度位相の異なる同じ振幅で同じ周波

数の駆動波形を印加する期間と液晶分子層に交流バイアスを印加する期間を設ける。

【0054】

第3の駆動方法及び第4の駆動方法において、交流バイアスを印加することにより、電気光学特性の曲線変調領域の動作点を変更して、凸レンズと凹レンズとの切り換えや、レンズの焦点距離の調整を行うことができる。

【0055】

本発明の目的の一つは、波面センサに適用可能な可変焦点レンズの働きをする液晶光変調装置とその駆動方法を提供することだが、屈折率分布を凸型だけでなく凹型可変焦点レンズの働きをすることも可能であるため、本発明の範囲はここに述べる装置により限定されないで、例えば地上でのビル間通信に用いるレーザービームのビーム幅制御など任意に波面を変換するための液晶光変調装置への応用も可能であることは言うまでもない。

【0056】

【発明の実施の形態】

以下、図面を用いて本発明を実施するための最良な形態における液晶光変調装置の構成およびその駆動方法の構成を説明する。

【0057】

はじめに本発明の第1の実施形態における液晶光変調装置の構成を、図を用いて説明する。図1は本発明の実施形態における液晶光変調装置の構成を説明するための断面図であり、その断面構成は従来の技術で説明した通りである。断面構成については、従来の技術の項で説明した液晶光変調装置と同様であるため、ここでは説明を省略する。

【0058】

図2は液晶光変調装置が備える複合電極の平面図であり、図3は対向電極の平面図である。

【0059】

本発明の液晶光変調装置の複合電極111は、従来の可変焦点型マイクロレンズアレイを実現する方法として説明した構成と同じであるが、対向電極113の

構成（図3に示す）のみが異なる。

【0060】

複合電極111は、活性領域271に第1の円筒面レンズ251と第2の円筒面レンズ261の2つのレンズ領域を有し、第1の円筒面レンズ251はITOなどの低抵抗多結晶透明導電膜により形成した第1のストライプ電極220から第Nのストライプ電極229（図2ではN=10本）と、第2の円筒面レンズの一本目でもある第N+1のストライプ電極230から第2Nのストライプ電極239とによりストライプ電極束を形成し、このストライプ電極束は第1の傾斜電位電極201で接続される。第1の傾斜電位電極201には、制御信号電極a211, b213, c215が設けられ、これら電極に所定の電圧を印加することにより、第1の傾斜電位電極201を介してストライプ電極束に勾配電位を印加する。

【0061】

また、本発明の液晶光変調装置において、直線状あるいは円環状のストライプ電極束を傾斜電位電極で電氣的に接続する構成を採り得るものであり、好ましくは、直線状あるいは円環状の透明導電膜からなるストライプ電極束を、このストライプ電極の透明導電膜より比抵抗の大きいストライプ状の透明導電膜で形成する傾斜電位電極で電氣的に接続する構成を採るものである。

【0062】

このストライプ電極の透明導電膜より比抵抗の大きいストライプ状の透明導電膜高抵抗の金属材料は、ストライプ電極と同一材料で一括形成しても良いが、 In_2O_3 に不純物を所定量添加した材料などの透明でストライプ電極のITOより高抵抗のアモルファス導電材料で形成するのが望ましい。

【0063】

尚、開口率が下がっても良い場合には、不透明で比較的高抵抗の金属材料を傾斜電位電極に使用することも可能である。この場合には、前記ストライプ電極には、通常の金属材料から形成された電極を使用することが可能であり、例えばチタン(Ti)、タンタル(α -Taあるいは β -Ta等)、チタンタングステン(Ti-W)、ニクロム(Ni-Cr)、あるいは窒素をドーピングしたチタン(

Ti)、タンタル(α -Taあるいは β -Ta等)、チタニウム(Ti-W)等が使用可能である。

【0064】

以下、対向電極の構成について説明する。図3は複合電極111に対向する対向電極113の構造である。活性領域271には、第1の円筒面レンズ251と第2の円筒面レンズ261が形成される。第1の円筒面レンズ251用の対向電極を、第1の分割線317により第1の対向電極391と第2の対向電極393とに分けて構成する。また、第2の円筒面レンズ261用の対向電極を、第2の分割線319により第2の対向電極393と第3の対向電極395とに分けて構成する。ここでは、対向電極を分ける分割線を、信号電極a211と信号電極b213の間と、信号電極b213と信号電極c215の間に設けた例を示している。

【0065】

第1から第3の対向電極391、393、395には、それぞれ第1から第3の対向信号電極381、383、385によって所定の電圧を印加する。なお、図3(a)に示す実施例では第2の対向電極393を第1の円筒面レンズ251と第2の円筒面レンズ261とで共有する構造を示しているが、図3(b)に示す実施例の様に、第2の対向電極393を第3の分割線318により第1および第2の円筒面レンズ251、261用に分割する構造としても構わない。

【0066】

また、図1における複合電極111と対向電極113とは、図2および図3に示した第1の円筒面レンズ251部と第2の円筒面レンズ261部が重なるように対向して液晶円筒面レンズを形成する。図34(b)の斜視図は、液晶円筒面レンズを模式的に示している。第1の円筒面レンズ251と第2の円筒面レンズ261の2つのレンズ領域により、凸レンズ領域あるいは凹レンズ領域281が形成される。

【0067】

以上の説明で明らかな様に、本発明の円筒面レンズを形成する液晶光変調装置においては一つの円筒面レンズがN本のストライプ電極からなる場合にも駆動回

路からの信号電極への接続数は円筒面レンズの個数を M とすると $M+1$ 本で済む。したがって全てのストライプ電極に駆動信号を接続する場合の本数 $M \times N$ 本に対して特にストライプ電極の数が増えた場合、信号電極の数を大幅に削減することが可能となる。

【0068】

ここで、本発明の液晶光変調装置の駆動について説明する。前記傾斜電位電極に所定の間隔で信号電極を設け隣接する信号電極間に振幅と周波数が等しく位相が 180 度異なる交流パルス信号を印加する。これにより傾斜電位電極で直線状電位勾配を作り出し、ストライプ電極束によって液晶光変調装置内に線形の傾斜を持った電位分布を生じさせることができる。

【0069】

液晶光変調装置は、第1の基板103に配した複合電極111であるストライプ電極束に対向するように、透明導電膜で形成した対向電極113を配置する。この対向電極113は、ストライプ電極束の分割した群、つまり第1、第2の円筒面レンズ251、261に対応して所定の領域に分割して構成される。ストライプ電極束からなる複合電極111と対向電極113との間には、 0.5 度から 20 度のプレティルト角を持ったホモジニアス配向の液晶層101を挟持する。

【0070】

図5は、ホモジニアス配向の液晶の位相変調曲線を示し、横軸は液晶に印加する実効値電圧 V を示し、縦軸は実効複屈折率 Δn を示している。液晶分子層101の実効複屈折率分布は、複合電極111および対向電極113上に形成される電圧分布に従い、図5の位相変調曲線によって決まる。

【0071】

このホモジニアス配向の液晶分子層101を下に凸なレンズ（凹レンズ）として作用させるためには、液晶駆動期間の実効電圧値が、液晶分子層101の信号電極a211と信号電極b213および信号電極c215の近傍で図5における $V1[rms]$ となるようにし、液晶分子層101の第1の分割線317と第2の分割線319の近傍で図5の $V1+\alpha[rms]$ となるようにすれば良い。

【0072】

ここで、本願発明の液晶光変調装置を下に凸なレンズ（凹レンズ）として機能させるための具体的な駆動方法について説明する。

【0073】

図6の期間1において図7（a）に示すように、図2の信号電極a 211と信号電極c 215に信号電圧 $+ \alpha$ [V]を印加し、信号電極b 213に信号電圧 $- \alpha$ [V]を印加する。第1の傾斜電位電極201の作用により、各信号電極間には実線のような直線状の電位分布が生じるため、第1の円筒面レンズ251の第1の分割線317と、第2の円筒面レンズ261の第2の分割線319近傍では、図7（a）に示すように0 [V]となる。

【0074】

同じ、図6の期間1において、図3に示す対向信号電極381および対向信号電極385に、図7（b）に示すように実線で示す $+V1 + \alpha$ [V]を印加し、対向信号電極383に実線で示す $-V1 - \alpha$ [V]を印加する。このとき液晶分子層101に印加される期間1における電位分布は、図7（a）と図7（b）との差になるため、これを図示すると図7（c）の実線となる。

【0075】

また、図6で示す期間2においては、図7（a）に示すように、図2の信号電極a 211と信号電極c 215に信号電圧 $- \alpha$ [V]を印加し、信号電極b 213に信号電圧 $+ \alpha$ [V]を印加する。第1の傾斜電位電極201の作用により、各信号電極間には点線のような直線状の電位分布が生じるため、第1の円筒面レンズ251の第1の分割線317と第2の円筒面レンズ261の第2の分割線319近傍では、0 [V]となる。

【0076】

同じ、図6の期間2において、図7（b）の点線に示すように対向信号電極381および対向信号電極385にそれぞれ $-V1 - \alpha$ [V]を印加し、対向信号電極383に点線で示す $+V1 + \alpha$ [V]を印加する。このとき液晶分子層101に印加される期間2における電位分布は、図7（a）と図7（b）との点線で示す曲線の差になるため、これを図示すると図7（c）の点線となる。

【0077】

このような駆動方法を採用し、図 6 の期間 1 および期間 2 を同一周期で交互に印加電圧パターンを繰り返す事で、液晶分子層 101 に印加する電圧の平均値を 0 [V] とすることができ、液晶の劣化を抑える事が可能となり、図 6 の期間 1 および期間 2 における液晶分子層 101 に印加される実効電圧は、図 7 (d) および図 8 (a) で示す波形となる。したがって、液晶分子層には図 8 (b) で示すような下に凸 (凹) の屈折率分布が生じ、凹レンズとして機能させることができる。

【0078】

また、凸レンズを実現するには、本発明の構成のまま、液晶駆動期間の実効電圧値が、液晶分子層 101 の信号電極 a 211、信号電極 b 213 および信号電極 c 215 の近傍で図 5 の $V_2 + \beta$ [rms] となるようにし、液晶分子層 101 の第 1 の分割線 317 と第 2 の分割線 319 の近傍で図 5 の V_2 [rms] となるようにすれば良い。

【0079】

ここで、本願発明の液晶光変調装置を凸レンズとして機能させるための具体的な駆動方法について説明する。

【0080】

図 6 の期間 1 において図 9 (a) に示すように、図 2 の信号電極 a 211 と信号電極 c 215 に信号電圧 $+ \beta$ [V] を印加し、信号電極 b 213 に信号電圧 $- \beta$ [V] を印加する。傾斜電位電極 201 の作用により、各信号電極間には実線のような直線状の電位分布が生じるため、第 1 の円筒面レンズ 251 の第 1 の分割線 317 と第 2 の円筒面レンズ 261 の第 2 の分割線 319 近傍では、0 [V] となる。

【0081】

同じ、図 6 の期間 1 において、図 9 (b) に示すように対向信号電極 381 および対向信号電極 385 に実線で示す $-V_2$ [V] を印加し、対向信号電極 383 に実線で示す $+V_2$ [V] を印加する。このとき液晶分子層 101 に印加される期間 1 における電位分布は、図 9 (a) と図 9 (b) との差になるため、これを図示すると図 9 (c) の実線となる。

【0082】

また、図6で示す期間2においては、図9(a)に示すように、図2の信号電極a211と信号電極c215に信号電圧 $-\beta$ [V]を印加し、信号電極b213に信号電圧 $+\beta$ [V]を印加する。傾斜電位電極201の作用により、各信号電極間には点線のような直線状の電位分布が生じるため、第1の円筒面レンズ251の第1の分割線317と第2の円筒面レンズ261の第2の分割線319近傍では、0 [V]となる。

【0083】

同じ、図6の期間2において、図9(b)の点線に示すように対向信号電極381および対向信号電極385に $+V_2$ [V]を印加し、対向信号電極383に点線で示す $-V_2$ [V]を印加する。このとき液晶分子層101に印加される期間2における電位分布は、図9(a)と図9(b)との点線で示す曲線の差になるため、これを図示すると図9(c)の点線となる。

【0084】

この様な駆動方法を採用し、同一周期で図6の期間1および期間2の印加電圧パターンを交互に繰り返す事で、液晶分子層101に印加する電圧の平均値を0 [V]とし、液晶の劣化を抑える事が可能となり、図6の期間1および期間2における液晶分子層101に印加される実効電圧は、図9(d)および図10(a)で示す波形となる。したがって、液晶分子層には図10(b)で示すような上に凸の屈折率分布が生じ、凸レンズとして機能させることができる。

【0085】

この様に、本は発明の液晶光変調装置によれば、それぞれの信号電極に第1の2次曲線近似領域の電圧値を印加することで凸レンズとして動作させることができ、また、第2の2次曲線近似領域の電圧値をそれぞれ印加することで凹レンズとして動作させることができることが判る。したがって、ストライプ電極部の電位傾斜により空間的に円筒面または球面の屈折率変調分布を実現することができるのである。

【0086】

なお、ホメオトロピック配向の液晶層を用いて凸レンズ動作する場合には、ホ

ミジニアス配向で凹レンズ動作させる場合と同様に、信号電極に印加する電圧に対してそれに対向する分割した対向電極を図7に示すような同相電圧を印加すれば良い。

【0087】

また、ホメオトロピック配向の液晶層を用いて凹レンズ動作する場合には、ホミジニアス配向で凸レンズ動作させる場合と同様に、信号電極に印加する電圧に対してそれに対向する分割した対向電極を図9に示すような逆相電圧を印加すれば良い。

【0088】

また、本方式によれば、複合電極の信号電極に接続する一組2本の制御信号により、レンズパワーを制御できることに加え、対向電極を複合電極に対応させて分割したことにより、後段で説明する駆動方法のように動作点を決めるバイアス電圧を時分割するだけでなく、対向電極に印加する2つのバイアス信号の位相制御で、一組2本の対向電極信号により直線性良く位相変調曲線上の任意の動作点にシフトさせることが可能となる。

【0089】

この結果、円筒面レンズまたは球面レンズの焦点距離を正（凸レンズ）から負（凹レンズ）まで可変することを可能にする。特に、構造が単純なためアレイ化にも適した構造である。

【0090】

次に、円筒面レンズを形成するための複合電極111の他の構造を図4を用いて説明する。この構成は、図2におけるストライプ電極を挟んで反対側に更に信号電極を配した構成である。ストライプ電極の長辺方向に抵抗成分がある場合、つまり液晶層の駆動周波数でのインピーダンスに対してストライプ電極のインピーダンスが大きくなる場合には、ストライプ電極の長辺方向に沿って電圧分布が生じて、ストライプ電極の長辺方向に屈折率が変化するが、この構成とすることで、ストライプ電極の長辺方向に沿った電圧分布を均一として屈折率の歪みを防ぐことができる。

【0091】

また、図4の複合電極構造では信号電極 a 4 1 1 と信号電極 a' 4 1 1'、信号電極 b 4 1 3 と信号電極 b' 4 1 3'、さらに信号電極 c 4 1 5 と信号電極 c' 4 1 5' のペアは外部で短絡して駆動することで、前記した液晶光変調装置の駆動方法を適用することができる。なお、対向電極の構成は、前述した図3に示す構造で良い。

【0092】

ここで、本発明の液晶レンズの動作原理についてホモジニアス配向を例に挙げて凸レンズ動作の場合を主に図11を用いて説明する。

【0093】

図11において、x軸に平行な方向にダイレクタ107がホモジニアス配向しているp型ネマティック液晶を用いた液晶レンズ601に、x軸に平行な方向に振動する直線偏光610がz軸方向に入射することを考える。液晶レンズ601に入射する前の入射波面613は平面である。液晶レンズ601に電界を印加し、所定の屈折率分布となるようにダイレクタの面内分布を制御すると、入射波面613を焦点f630に収束する球面波の出射波面623に変換することができる。

【0094】

なお、凹レンズ動作の場合は、凸レンズが入射平面波を焦点f (>0) に収束する球面波に変換すると考える部分を、入射平面波を凹レンズの手前（入射側）の焦点f (<0) から発散（広がる方向）する球面波に変換すると考えれば良いので、ここでの詳細な説明は省略する。

【0095】

液晶レンズによる収束条件の導出を図12(a)を用いて説明する。液晶レンズ601の液晶層の出射側の平面をx-y平面にとり、x-y平面の原点Oを通るz軸上に焦点f630が来るようにする。原点Oから測った液晶レンズ601の出射側平面上の任意の点r701の距離をrとすると、光軸O-z上を進行する光の第1の光路長R710に対して点r701から焦点f630に向かう光は第2の光路長t720だけ余分な距離を伝搬する必要がある。図12(a)からわかるように、

【0096】

$$r^2 + R^2 = (t + R)^2 \quad (1)$$

となるからこれを t について解くと

$$t = (R^2 + r^2)^{1/2} - R \quad (2)$$

となる。ここで、 $r^2 = x^2 + y^2$ である。

【0097】

したがって、液晶レンズ 601 の出射側平面に達するまでに、液晶レンズ 601 内における入射波が伝搬する光路長を光軸上原点 O を通る光に対して点 $r701$ では第 2 の光路長 $t(r)720$ だけ短くすることが出来れば、入射波面 613 を焦点 $f630$ に収束する球面波に変換できることがわかる。

【0098】

また、凹レンズ動作の場合は、図 12 (b) に示すように焦点 $-f633$ の位置から伝搬する球面波に入射平面波を変換すると考えて、液晶レンズ 601 の出射側平面に達するまでに液晶レンズ 601 内における入射波が伝搬する光路長を光軸上原点 O を通る光に対して点 $r701$ では第 2 の光路長 $t(r)720$ だけ長くすることが出来れば入射波面 613 を焦点 $-f633$ から発散する球面波に変換できることが判る。

【0099】

ここで、液晶レンズ 601 が図 12 の $x-y$ 平面において図 13 に示すような正方開口 810 を持つとする。このとき、液晶レンズ 601 の凸レンズ動作時において液晶層の出射側の平面から焦点 $f630$ までの第 2 の光路長 $t(r)720$ の最大値 t_{max} は $r = r_{max}$ のときで

$$t_{max} = (R^2 + r_{max}^2)^{1/2} - R \quad (3)$$

となる。したがって、 r_{max} での位置での光路長を基準点としたときの液晶レンズ 601 によって補正する相対光路長分布 $\phi(r)$ は

$$\phi(r) = t_{max} - t(r) \quad (4)$$

となるように決めれば良いことが示された。

【0100】

凹レンズ動作の場合は、 $r = r_{max}$ のときに液晶層では最も位相を遅らせる

ようにすれば良いので液晶レンズ 601 によって補正する相対光路長分布 $\phi(r)$ は

$$\phi(r) = t(r) \quad (4)'$$

となるように決めれば良い。

(4) 式に (2) 式および (3) 式を代入すると

$$\phi(r) = (R^2 + r_{\max}^2)^{1/2} - (R^2 + r^2)^{1/2}$$

【0101】

$$= R \left[(1 + r_{\max}^2 / R^2)^{1/2} - (1 + r^2 / R^2)^{1/2} \right]$$

(5)

となる。ここで、(5) 式の平方根で囲まれた一項目および二項目を 2 項展開し、展開した二項目までをとって整理し、R を焦点距離 f で置き換えると (6) 式となる。

(近軸近似)

$$\phi(r) = 1 / (2f) \cdot (r_{\max}^2 - r^2) \quad (6)$$

【0102】

図 14 は、相対光路長分布 ϕ を説明するための図である。したがって、図 14 (a) に示すように液晶レンズ 601 の液晶層の凸レンズ位相曲線 901 が (6) 式を満たすような二次曲線となれば液晶層が凸レンズとして機能する。

【0103】

凹レンズの場合は、(4)' 式に (2) 式を代入して近軸近似で考えると

$$\phi(r) = 1 / (2f) \cdot r^2 \quad (6)'$$

となる。

【0104】

したがって、図 14 (b) に示すように、液晶レンズ 601 の液晶層の凹レンズ位相曲線 903 が (6)' 式を満たすように下に凸の二次曲線となれば液晶層は凹レンズとして機能する。

【0105】

なお、上記した液晶レンズの動作に関する説明は、球面レンズを形成する場合を前提に説明したものであり、円筒面レンズを形成する場合には、当該焦点は点

ではなく線状となる。しかしながら、円筒面レンズは、上記した説明において、一方向に対して変化しない様にしたものであるので、円筒面レンズの説明は球面レンズの特別な例として考えることができる。

【0106】

次に、本発明に用いる液晶層の特性を説明する。入射直線偏光の波面は、図5に示すような印加電圧－実効複屈折率特性によって決まる変調を受ける。図5において横軸は液晶層への印加電圧 V 、縦軸は実効複屈折率 Δn を示す。電気光学応答曲線の形状は、使用する液晶の弾性定数、誘電率異方性特性や電界無印加時の配向層によって決められるプレティルト角などから決まる。また、液晶層の屈折率および複屈折率は波長依存性を持つため光源の波長によっても電気光学応答曲線は変化する。

【0107】

図5の印加電圧－実効複屈折率特性は、光源としてHe-Ne（ヘリウムネオン）レーザの633nm近傍で使用する場合の特性を示し、メルク社のネマティック液晶材料BL007のものであり、 $\Delta n_{\max} = 0.287$ 、液晶層厚さ $20\mu\text{m}$ として求めた理論曲線である。図5における横軸は、ホモジニアス配向セルの印加電圧 V [Vrms] を示し、縦軸は液晶分子の実効複屈折率 Δn を示す。

【0108】

本発明の液晶光変調装置を凸レンズとして用いる場合は、2次曲線を近似できる第1の2次曲線領域520近傍を用いるのが望ましい。また、凹レンズとして用いる場合は第2の2次曲線領域522近傍を用いるのが望ましい。このときのプレティルト角は0.5度から20度が望ましい。

【0109】

図5から理解されるように、凸レンズ動作時に用いる第1の2次曲線領域520より小さな電圧領域、つまり0～1 [Vrms] 近傍においては特にプレティルト角が小さい場合、 Δn がフラットな状態（第1の直線領域521）を示す。したがって、この電圧範囲内では、球面レンズとして使用することが困難であるが、後述するように所定のバイアス電圧を印加することで動作点をずらすことが

可能であり、プレティルト角が小さい特性となっても球面レンズとして使用することが可能となる。

【0110】

次に、図15にホメオトロピック配向の場合の印加電圧－実効複屈折特性の例を示す。ホメオトロピック配向の場合は、液晶材料の誘電異方性 $\Delta\epsilon$ が負の材料を選択する必要がある。ホメオトロピック配向の場合は、第1の2次動作領域1001が低電圧側に生じ、凸レンズ動作領域1003が高電圧側に生じることになる。したがって、ホモジニアス配向の代りにホメオトロピック配向を用いる場合は、各実施例において凸レンズ動作を凹レンズ動作にまた、凹レンズ動作を凸レンズ動作に置き換えて考えれば良い。以降の説明では特別に断らない限り、ホモジニアス配向を例として説明する。

【0111】

次に、図2に示すストライプ電極形状を有する複合電極を持った本発明の液晶光変調装置の信号電極に駆動電圧を印加した場合の動作を説明する。

【0112】

はじめに、凸レンズ動作の場合の駆動波形を図16に示す。駆動波形a1101を信号電極a211に印加し、駆動波形b1103を信号電極b213に印加する。駆動波形a1101と駆動波形b1103は互いに周波数と振幅が等しく位相のみが180度異なっている。同様に、駆動波形c1105を信号電極c215に印加する。駆動波形c1105と駆動波形a1101は同一波形である。また、図3に示す対向電極は全て同電位とし、0[V]を印加することとする。

【0113】

図16において、時間 $t = t_1$ において、駆動波形a1101および駆動波形c1105は+V[V]であり、駆動波形b1103は-V[V]である。したがって、線形の抵抗材料で形成した第1の傾斜電位電極201によって電位が分割されるため、活性領域271に形成した第1の円筒面レンズ251のストライプ電極にはそれぞれ信号電極a211と信号電極b213に印加した電圧が場所によって分割された電位が現れる。

【0114】

また、第2の円筒面レンズ261のストライプ電極には、それぞれ信号電極b213と信号電極c215に印加した電圧が分割された電位が現れる。ここで、ストライプ電極の長手方向については、ストライプ電極が低抵抗材料で形成されるため同電位となる。したがって、第1の円筒面レンズ251及び第2の円筒面レンズ261の活性領域271には、ストライプ電極の配列方向に電圧が変化する面状の勾配が形成されることになる。

【0115】

図17は、電極位置による電圧分布を示している。図16で説明したように、円筒面レンズの両端に位置する信号電極に $+V$ [V] と $-V$ [V] を印加することで、図17に示すように、図16における $t = t_1$ においては $t = t_1$ の電位1201で示す直線状の電位分布とすることができる。また、図16に示す $t = t_2$ においては、図17の $t = t_2$ の電位1203で示す電位分布とすることができる。よって、図16に示すように、駆動波形を50%デューティの矩形波形とする場合は、図17で示す2つの電位分布を交互に繰り返すこととなり、対向電極を介して液晶層に印加される電圧は、どの個々のストライプ電極の位置においても交番電圧化され、液晶層に直流成分が加わることはない。

【0116】

また、ネマティック液晶は実効値応答であるため、信号電極a211と信号電極c215間の第1の傾斜電極201に発生する電位は実効値で考える必要がある。この電位1205は、図17(b)に示すように、信号電極a211と信号電極b213および信号電極c215を $+V$ [V] の電圧とし、信号電極a211と信号電極b213との中点および信号電極b213と信号電極c215の中点を0 [V] とし、これら各電圧を結んで電位が直線的に変化する。

【0117】

次に、活性領域中のネマティック液晶層の実効複屈折率の分布、及び位相変調量を図18、図19を用いて説明する。

【0118】

図18に示す実効複屈折率のグラフにおいて、横軸は液晶層にかかる実効値電圧 V を示し、縦軸は実効複屈折率 Δn を示す。まず、図3に示す3つの対向電極

391, 393, 395に0[V]を印加した場合を考える。図2の第1の円筒面レンズ251の部分で説明すると、前記したと同様に信号電極a211と第1の対向電極391の間には、実効値電圧 V [V r m s] が印加される。そして、信号電極a211と信号電極b213との中点では実効値で0となる。信号電極a211から、信号電極a211と信号電極b213との中点までの区間は、対向電極391との間で電圧が V [V] から0 [V] まで直線的に連続して変化するため、図19 (b) の1413で示す実効値電圧分布となり、図18の第1のレンズ領域1301の矢印で示した向きに実効複屈折 Δn が変化する。

【0119】

次に、信号電極a211と信号電極b213との中点から、信号電極b213までの区間では、対向電極393との間で実効値電圧が0 [V r m s] から V [V r m s] まで変化するため、図19 (b) の符号1415で示す実効値電圧分布となり、実効複屈折率 Δn は図18の第2のレンズ領域1303で示した矢印の向きに連続して変化する。

【0120】

同様に、図2に示す第2の円筒面レンズ261の部分では、信号電極b213と第2の対向電極393との間には、実効値電圧 V [V r m s] が印加される。そして、信号電極b213と信号電極c215との中点は実効値で0 [V r m s] となる。信号電極b213から、信号電極b213と信号電極c215との中点までの区間は、対向電極393との間で電圧が V [V r m s] から0 [V r m s] まで直線的に連続して変化するため、図18の第1のレンズ領域1301の矢印で示した向きに実効複屈折率 Δn が変化する。

【0121】

次に、信号電極b213と信号電極c215との中点から信号電極c215までの区間では、対向電極395との間で実効値電圧が0 [V r m s] から V [V r m s] まで変化するため、実効複屈折率 Δn は図18の第2のレンズ領域1303で示した矢印の向きに連続的に変化する。

【0122】

その結果、第1の円筒面レンズ251と第2の円筒面レンズ261においては

、図19において、各領域の位相曲線1401, 1403, 1405, 1407により位相曲線Aで示すような位相変調量となり、屈折率が一次元で変化する円筒面レンズとして機能する。なお、図19において、横軸は図2に示す第1の傾斜電位電極201の方向の電極位置を示し、縦軸はその電極位置における液晶の相対位相変調量を示している。なお、この相対位相変調量は、相対複屈折率 Δn に液晶層の厚み d を掛けたものに相当する。

【0123】

この様に、駆動波形の振幅 V を変更することにより液晶の屈折率分布の曲率変化を変えることができ、この液晶の屈折率分布を変えることにより焦点距離変更することができる。

【0124】

また、ここで信号電極a211に図16における駆動波形a1101を印加し、信号電極b213は高インピーダンス状態に保持して信号電極c215に図16における駆動波形b1103を印加した場合を考える。この駆動波形の印加により、図19(c)中の実効値電圧1417が印加される。この場合、図19において、信号電極a211から信号電極b213の間の領域の位相曲線1409(破線で示す)と、信号電極b213から信号電極c215の間の領域の位相曲線1411(破線で示す)とにより、位相曲線B(破線で示す)で示すような相対位相変調量分布となる。位相曲線Aと位相曲線Bとを比較すると、位相曲線Bのレンズ径は位相曲線Aのレンズ径の2倍となる。

【0125】

したがって、本発明の円筒面レンズを形成する液晶光変調装置においては同一のパターンを用いても、駆動波形印加点を変更するだけでレンズ径を容易に変更することが可能となる。

【0126】

次に、印加電圧－実効複屈折特性において動作点をシフトする駆動法について説明する。

【0127】

前記したように、図5に示す印加電圧－実効複屈折特性において、上に凸の特

性を示す第1の2次曲線領域520上に動作点を設定することで凸レンズ動作を行い、下に凸の特性を示す第2の2次曲線領域522上に動作点を設定することで凹レンズ動作を行う。また、直線特性を示す第1の直線領域521上に動作点を設定した場合には、レンズ動作を行うことはできない。

【0128】

液晶層が低プレティルトの場合には、第1の直線領域521の領域幅が大きく、印加電圧0を動作点とする駆動方法では、第1の直線領域521の部分により屈折率に歪みが生じることになる。このような場合に、第1の直線領域521による影響がない領域まで動作点を移動させることにより、屈折率の歪みを防ぐことができる。

【0129】

以下、液晶層が低プレティルトの場合の動作点シフト、及び第2の2次曲線領域を用いた凹レンズの動作点シフトについて説明する。

【0130】

はじめに、液晶層が低プレティルトの場合の動作点シフトについて説明する。ここで、図2の第1の円筒面レンズ251の部分を用いて説明する。図20で示す駆動波形d1501を信号電極a211に印加し、振幅と周波数は駆動波形d1501と同じで位相だけを $180^\circ + \phi$ だけずらした駆動波形e1503を信号電極b213に印加する。図20において、期間Aでは信号電極a211と信号電極b213には同相の電圧 $\pm V$ [V] が印加され、期間Bでは信号電極a211と信号電極b213には逆相の電圧が印加される。したがって、図21(a)の期間Aの電位分布に示すように、信号電極a211から信号電極b213の間の任意の電極位置において、期間Aの電位分布は、正電位分布1601また負電位分布1603となり、第1の傾斜電位電極201には傾斜電圧は発生しない。一方、第1、第2の対向電極391、393と第1の円筒面レンズ251の複合電極部との間には、期間Aにおいて一定電圧が印加されることになる。

【0131】

また、図21(b)の期間Bの電位分布に示すように、期間Bでは信号電極a211と信号電極b213との間の第1の傾斜電位電極201は、第1の傾斜電

位 1605 または第 2 の傾斜電位 1607 に示す傾斜電位が発生する。

【0132】

このように本発明の液晶光変調装置では所定の信号電極に同相電圧を印加する期間 A を設けることで、液晶層に交流バイアス電圧を印加することができる。したがって、期間 A で交流バイアス電圧を制御し、期間 B でレンズ動作のための傾斜電圧を独立に制御出来ることになる。各期間 A および B では、印加電圧は駆動波形 d1501 の一周期で考えると交番電界となるため、液晶層に直流成分が印加され続けることは無い。

【0133】

このように、期間 A で印加する交流バイアス電圧は所定の値に設定できるので、液晶層のプレティルトが低く第 1 直線領域の範囲が大きい場合には、図 22 に示すように曲線動作領域まで動作点をシフトさせてレンズとして動作させることができる。

【0134】

次に、液晶層が低プレティルトの場合の動作点シフトについて、図 18 の実効複屈折率 Δn 特性を用いて詳細に説明する。

【0135】

図 20 と同様の位相をずらした駆動波形 d, e を信号電極 a, b に印加し、期間 A において図 21 (a) に示す電圧分布を形成し、期間 B において図 21 (b) に示す電圧分布を形成する。この電圧分布により、液晶層には図 21 (c) に示す実効値電圧が印加される。なお、図 21 (c) は、縦軸に期間 A および期間 B に液晶層に印加される信号の実効値電圧をとり、横軸に傾斜電位電極の長手方向の電極位置をとっている。

【0136】

図 21 (c) に示す期間 A と期間 B とを合成した実効値電圧は、信号電極 a211 と信号電極 b213 との midpoint において実効値で V_{α} [Vrms] とし、信号電極 a211 と信号電極 b213 の両端点において実効値で V_{β} [Vrms] となる。ここで、 V_{α} 及び V_{β} は、期間 A における電圧値、期間 A と期間 B のデューティ比で定まる。このデューティ比は、位相ずれ ϕ によって定めることが

できる。

【0137】

この電圧分布による動作点シフトについて、図18の液晶レンズ活性領域中のネマティック液晶層の実効複屈折率分布を用いて説明する。なお、このとき、電圧分布1609の最大実効値を V_{β} [V r m s] と仮定する。

【0138】

まず、図3に示す第1から第3の対向電極391, 393, 395に0[V]を印加した場合を考える。

【0139】

図2の第1の円筒面レンズ351の部分で説明すると、前記した様に信号電極a211と対向電極391の間には、実効値電圧 V_{β} [V r m s] が印加される。そして、信号電極a211と信号電極b213との中点では、実効値で V_{α} [V r m s] となる。信号電極a211から信号電極a211と信号電極b213との中点までの区間は、対向電極391との間において線形抵抗材料で形成された傾斜電位電極によって電圧が V_{β} [V r m s] から V_{α} [V r m s] まで直線的に連続で変化する。そのため、図18の第1のシフトレンズ領域1305の矢印で示した向きに実効複屈折 Δn を変化させることができる。

【0140】

次に、信号電極a211と信号電極b213との中点から信号電極b213までの区間では、対向電極393との間で実効値電圧が V_{α} [V r m s] から V_{β} [V r m s] まで変化するため、実効複屈折率 Δn は図18の第2のシフトレンズ領域1307で示した矢印の向きに連続的に変化する。

【0141】

図21(d)は、実効値電圧 V_{α} [V r m s] と V_{β} [V r m s] により設定される、相対位相変調量1611の電極位置における分布を示している。交流バイアスを印加しない場合には、図22に示すように、0とVの間の動作範囲1701を含む範囲で動作させることになるため、第1直線領域の範囲及び第1曲線領域を含むため、屈折率のひずみが生じ、また、凸レンズの機能を呈することができない。

【0 1 4 2】

これに対して、交流バイアスを印加したい場合には、図 2 2 に示すように、 V_{α} と V_{β} の間の動作範囲 1 7 0 3 で動作することになるため、第 2 曲線領域の範囲内で動作することができ凸レンズとして動作させることができる。

【0 1 4 3】

このように、交流バイアス電圧を印加しない場合には、レンズ領域は 0 [V_{rms}] から V [V_{rms}] の間となるのに対して、交流バイアス電圧を印加した場合には、レンズ領域は V_{α} [V_{rms}] から V_{β} [V_{rms}] の間となり、凸レンズとして動作させることができる。凸レンズ領域を定める電圧値 V_{α} [V_{rms}] , V_{β} [V_{rms}] は、期間 A で印加する交流バイアス電圧や、期間 A と期間 B のデューティ比で定めることができる。

【0 1 4 4】

本発明の別の駆動方法として、図 2 3 に示すように期間 1 と期間 2 からなるフレームに分けて液晶光変調装置に信号を印加しても良い。この場合、期間 1 は、低電圧印加時の動作点をずらす働きをするために、信号電極 a 2 1 1 と信号電極 b 2 1 3 とに同相となるように信号電圧を印加する期間とし、期間 2 はレンズ動作をさせるために信号電極 a 3 1 1 と信号電極 b 3 1 3 とに逆相電圧を印加する期間とする。期間 1 および期間 2 内の駆動信号はそれぞれ液晶層の劣化を防ぐために印加する電圧を平均値が 0 になるような交番電圧とする。なお、この駆動方法として凸レンズの場合について以下に説明する。

【0 1 4 5】

このような駆動方法を用いることで、期間 1 と期間 2 とを足した 1 フレームにおいて、図 2 における第 1 の円筒面レンズ 3 5 1 に生じる液晶電位分布は、それぞれの期間の実効値の和に近い値とすることができる。

【0 1 4 6】

なお、期間 1 および期間 2 の印加波形は動作点を所定の値に調整できるなら任意で良く、例えば電圧の異なる 2 つの矩形波形を印加することができる。例えば、動作点シフトのためのバイアス電圧を印加する期間 1 では、信号電極 a 2 1 1 に電圧 a 1 8 0 3 (図 2 3 (b)) を印加し、信号電極 b 2 1 3 に同位相の電圧

b1807 (図23(c)) を印加する。また、傾斜電位を加えるための期間2では、信号電極 a211 に電圧 a1805 (図23(b)) を印加し、信号電極 b213 に逆位相の電圧 b1809 (図23(c)) を印加する。このとき、液晶電位分布は、期間1の実効電圧1811と期間2の実効電圧1813の和に近い値をとる。また、パルス幅変調により実効値を制御した波形を用いても良い。

【0147】

次に図2に示す複合電極を持った本発明の液晶光変調装置の信号電極に駆動電圧を印加した場合の凹レンズ動作について、第1の円筒面レンズ251を例に挙げて説明する。

【0148】

駆動信号は、図23に示すように期間1の動作バイアス点を決めるバイアス駆動期間と、期間2の凹レンズ動作を実現する駆動期間からなるフレームからなる。ここでは、簡単のため、期間1と期間2は等しい時間として説明を続ける。

【0149】

次に、図23と図24を用いて凹レンズ動作を実現する駆動期間の駆動波形について説明する。図24に示す駆動波形1901を信号電極 a211 に印加し、駆動波形1903を信号電極 b213 に印加する。駆動波形1901と駆動波形1903は互いに周波数と振幅が等しく位相のみが180度異なっている。同様に、対向駆動波形1905を第1の対向信号電極381に印加し、対向駆動波形1907を第2の対向信号電極383に印加する。なお、ここでの駆動波形1901と対向駆動波形1905は同一波形であり、駆動波形1903と対向駆動波形1907は同一波形である。

【0150】

図24は、図23の期間2における駆動波形を示す。このとき、時間 $t = t_1$ では駆動波形1901は $+V$ [V] であり、駆動波形1903は $-V$ [V] である。したがって、線形の抵抗材料で形成した第1の傾斜電位電極201によって電位が分割されるため、活性領域271に形成した第1の円筒面レンズ251のストライプ電極には、それぞれ信号電極 a211 と信号電極 b213 に印加した電圧が場所によって分割された電位が現れる。ここで、ストライプ電極の長手方

向についてはストライプ電極を低抵抗材料で形成することにより同電位とすることができる。なお、ストライプ電極の長手方向に電圧勾配が生じる場合には、図4の構成とすることにより、電位を均一にすることができる。

【0151】

前述した駆動波形を各信号電極に印加することで、図25(a)に示すように $t = t_1$ において各ストライプ電極の複合電極側の電位は、複合電極211における傾斜電位電極方向の電極位置により、電位2001で示す直線状の電位分布 ($t = t_1$) となる。また、図25(a)に示すように $t = t_2$ における電位は、電位2003で示す電位分布 ($t = t_2$) となる。

【0152】

図24に示した50%デューティの矩形波形を各信号電極に印加した場合、複合電極上の傾斜電位電極方向の電極位置における電位分布は、図25(a)で示す2つの電位分布を繰り返すことになる。

【0153】

また、対向電極側では、図25(b)に示すように、図24に示す $t = t_1$ において第1の対向信号電極381に接続された第1の対向電極391の電位は対向電極391上では同電位となるため、 $t = t_1$ の対向電位は2011で示す直線状の電位分布となる。また、図24に示す $t = t_2$ において第2の対向信号電極383に接続された第2の対向電極393の電位は2013で示す電位分布となる。よって、図24に示した50%デューティの矩形波形の場合、対向電極上の電位は図25(b)で示す2つの電位分布を繰り返すことになる。この様に、対向電極を介して液晶層に印加される電圧はどのストライプ電極の位置においても交番電圧化され液晶層に直流成分が加わることはない。

【0154】

次に、図25(c)は液晶層に印加される実効電圧波形2021を示している。ネマティック液晶は実効値応答のため、信号電極a211と信号電極c215間の第1の傾斜電位電極201に発生する電位は、実効値で信号電極a211と信号電極b213の点を0[Vrms]の電圧とし、信号電極a211と信号電極b213との中点でV[Vrms]となるように電位が直線的に変化することが

分かる。さらに、図 23 において、期間 1 で図 2 における第 1 の円筒面レンズ 251 全体の液晶層に実効電圧 $V = V' \beta [V_{rms}]$ となるように駆動波形を印加するとすれば、第 1 の円筒面レンズ 251 の信号電極 a 211 と信号電極 b 213 とに隣接する側の液晶層には、図 23 に示した 1 フレームで、 $((0^2 + V' \beta^2) / 2)^{1/2} = 0 + V' \beta / 2^{1/2} \rightarrow V \beta [V_{rms}]$ が印加され、信号電極 a 211 と信号電極 b 213 の中点に隣接する側の液晶層には、1 フレームで $((V^2 + V' \beta^2) / 2)^{1/2} [V_{rms}]$ だけの実効電圧が印加されることとなる。ここで、 $V_\gamma = ((V^2 + V' \beta^2) / 2)^{1/2}$ と置き換えることにする。なお、 V は駆動波形の実効電圧値である。

【0155】

次に、図 2 の活性領域 271 中のネマティック液晶層の実効複屈折率の分布を図 18 を用いて説明する。図 2 の第 1 の円筒面レンズ 251 の部分で説明すると、前述した様に、図 23 に示す 1 フレームにおいて信号電極 a 211 および信号電極 b 213 と対向電極 391 の間には、実効値で $V \beta [V_{rms}]$ が印加される。そして、信号電極 a 211 と信号電極 b 213 との中点では、実効値で $V_\gamma [V_{rms}]$ となる。信号電極 a 211 から信号電極 a 211 と信号電極 b 213 との中点までの区間は、対向電極 391 との間で電圧が $V \beta [V_{rms}]$ から $V_\gamma [V_{rms}]$ までほぼ直線的に連続で変化するため、図 18 の第 1 の凹レンズ領域 1311 の矢印で示した向きに実効複屈折 Δn が変化する。

【0156】

次に、信号電極 a 211 と信号電極 b 213 との中点から信号電極 b 213 までの区間では対向電極 393 との間で、実効値電圧が $V_\gamma [V_{rms}]$ から $V \beta [V_{rms}]$ まで変化するため、実効複屈折率 Δn は図 13 の第 2 の凹レンズ領域 1313 で示した矢印の向きに連続的に変化する。

【0157】

その結果、第 1 の円筒面レンズ 251 においては、図 26 (a) の位相曲線 2103 あるいは 2105 で示すような位相変調量となり、屈折率が一次元で変化する円筒面凹レンズとして機能する。図 26 (b) において、横軸は図 2 における傾斜電位電極の長手方向の電極位置を示し、縦軸はその電極位置における液晶

の相対位相変調量を示す。この相対位相変調量は相対複屈折率 Δn に液晶層の厚み d を掛けたものに相当する。信号電極 a 2 1 1 と信号電極 b 2 1 3 との間における相対位相変調量は中点に向かって減少し、凹レンズ動作を行うことを示している。

【0158】

ここで、凹レンズ領域の屈折率及び凹レンズ焦点距離は、 V_γ の大きさを調整することで変更することができる。 V_γ は $(V^2 + V_\beta^2) / 2$ の1/2であるため、駆動波形の電圧 V を調整することにより、凹レンズの焦点距離を変更することができる。

【0159】

例えば、第1の態様では、中点での電位を調整する。図26 (a)において、中点での電圧を $V_\gamma 1$ に設定したときには実効値電圧は①で示す破線となり、また、 $V_\gamma 2$ に設定したときには実効値電圧は②で示す破線となる。この $V_\gamma 1$ による電位分布によって相対位相変調量は図26 (b)中の①で示す破線となり、 $V_\gamma 2$ による電位分布によって相対位相変調量は図26 (b)中の②で示す破線となる。これにより、凹レンズの焦点距離を変更することができる。このとき、実効複屈折率特性上において、それぞれの動作範囲は①で示される V_β と $V_\gamma 1$ の範囲、及び②で示される V_β と $V_\gamma 2$ の範囲で表される。

【0160】

なお、 V_β のバイアス分を含まない場合には、各図において③で示される特性曲線となり、図26 (b)の相対位相変調量の③の特性で示すように、凹レンズの動作をさせることは困難である。

【0161】

第2の態様では、端部での電位を調整する。図27 (a)において、両端部での電圧を $V_\beta 1$ に設定したときには実効値電圧は①で示す破線となり、また、 $V_\beta 2$ に設定したときには実効値電圧は②で示す破線となる。この $V_\beta 1$ による電位分布によって相対位相変調量は図27 (b)中の①で示す破線となり、 $V_\beta 2$ による電位分布によって相対位相変調量は図27 (b)中の②で示す破線となる。これにより、凹レンズの焦点距離を変更することができる。このとき、実効複

屈折率特性上において、それぞれの動作範囲は①で示される $V_{\beta 1}$ と V_{γ} の範囲、及び②で示される $V_{\beta 2}$ と V_{γ} の範囲で表される。

【0162】

この様に液晶の屈折率分布の曲率変化つまり焦点距離を変更する場合は駆動波形の振幅 V を変更することで実現できることが判る。

【0163】

上記説明では、本発明の第1の実施形態においては、凸レンズおよび凹レンズ動作可能な円筒面レンズとして動作する一次元の液晶光変調装置として説明したが、本構成においては円筒面レンズをアレイ化（多素子化）することは容易である。

【0164】

更に複合電極のストライプ電極の向きを直交させて液晶分子のダイレクタ方向を平行とした2枚の円筒面レンズを重ねることで球面レンズアレイを実現することができる。図28は、この一構成例を説明するための概略図である。図28において、第1の円筒面レンズ2301が備える複合電極のストライプ電極2302の方向と、第2の円筒面レンズ2304が備える複合電極のストライプ電極2305の方向とを直交させ、さらに、各円筒面レンズが備える液晶分子のダイレクタ方向2303と2306とを平行させて重ねる。この重ねた二枚の円筒面レンズ2301、2304により球面レンズアレイが構成される。

【0165】

つぎに本発明の第2の実施の形態を図29を用いて説明する。第1の実施の形態は一次元の屈折率変調をおこなう円筒面レンズの構成であるのに対して、第2の実施の形態においては、二次元の屈折率変調をネマティック液晶層201で行う球面レンズの構成である。

【0166】

第2の実施の形態において、球面レンズとするための複合電極の構成は従来と同じである。図29(a)は複合電極2400の構成を示す平面図である。円形の開口を持つ球面レンズの複合電極2400は、中心電極2409を中心として多数の半円環状のストライプ電極2401～2408を一つの傾斜電位電極24

10で電氣的に接続する。傾斜電位電極2410の両端は、円形開口を兼ねる第1の信号電極2431と第2の信号電極2433にそれぞれ接続される。ストライプ電極及び信号電極は、第1のスリット2421及び第2のスリット2423により2つの領域に分離される。

【0167】

ここで、中心電極2409と各半円環状を構成するストライプ電極は多結晶ITO透明導電膜で形成し、傾斜電位電極2410は In_2O_3 を主成分として複数種の不純物元素をドーピングしたアモルファス透明導電膜とする。傾斜電位電極2410のシート抵抗は各ストライプ電極及び中心電極2409のシート抵抗より大きくなる材料を選定する。第1の信号電極2431及び第2の信号電極2433はMoや銀合金などの低抵抗金属膜を用いる。

【0168】

また、図29(b)は対向電極の構成を示す平面図である。複合電極2400に対向する対向電極2440は、分割線2451により第1の信号電極2431に重なる第1の対向電極2441と第2の信号電極2433に重なる第2の対向電極2443とに分けて構成する。複合電極2400と対向電極2440とは、互いに重なるように対向して液晶球面レンズを形成する。

【0169】

また、矩形開口に適用する球面レンズの例を図30を用いて説明する。図30において、矩形の開口を持つ球面レンズの複合電極2500は、中心電極2520を中心として多数の半円環状のストライプ電極2501～2509とセグメントストライプ電極2510、2513と2515と第1の対角傾斜電位電極2541と第2の対角傾斜電位電極2543で電氣的に接続する。第1の対角傾斜電位電極2541と第2の対角傾斜電位電極2543の両端は、矩形開口を兼ねる第1の信号電極2531と第2の信号電極2533にそれぞれ接続される。ストライプ電極及び信号電極は、第1のスリット2521及び第2のスリット2523により2つの領域に分離される。

【0170】

ここで、中心電極2520と各半円環状及びセグメントを構成するストライプ

電極は多結晶ITO透明導電膜で形成し、傾斜電位電極は In_2O_3 を主成分として複数種の不純物元素をドーピングしたアモルファス透明導電膜とする。傾斜電位電極のシート抵抗は各ストライプ電極及び中心電極2520のシート抵抗より大きくなる材料を選定する。第1の信号電極2531及び第2の信号電極2533はMoや銀合金などの低抵抗金属膜を用いる。

【0171】

本発明の第2の実施の形態においては円筒面レンズと球面レンズという差異はあるものの、動作原理及び液晶層の特性は第1の実施の形態で述べた内容と同じである。

【0172】

本発明の第2の実施の形態における球面レンズの駆動は、第1の実施の形態と同様とすることができ、球面凸レンズ、球面凹レンズに設定することができ、さらに球面凹凸レンズを任意に変えることができる。

【0173】

図30に示す構成の複合電極を用いてアレイ化した複合電極の構成について、図31を用いて説明する。

【0174】

図31に示す構成は、図30に示した構成のレンズ部分を単位レンズ2610として 2×2 に正方配列した球面レンズアレイの構成例である。単位レンズ2610の第1の対角傾斜電位電極2621と第2の対角傾斜電位電極2623を信号ラインa2601、信号ラインb2603、及び信号ラインc2605に接続することにより各レンズに駆動波形を印加できるようにする。信号ラインはMoや銀合金などの低抵抗金属材料で形成するためレンズアレイにおいては不活性領域となるが、信号ライン周辺の面積を必要最小限とすることができるため、開口率を100%に近づけることができる。

【0175】

また、アレイ化した場合の駆動法を簡易的に説明すると、隣接する信号ラインに振幅と周波数が同じで位相だけが180度異なる駆動波形を印加することで、単個レンズと同様に凸レンズ駆動が可能となる。また、隣接する信号ラインに同

相信号が印加される期間を設けることで、交流バイアス駆動ができることも単個レンズと同様である。

【0176】

さらに、ここでは明示しないが、分割した対向電極に所定の対向駆動信号を印加して凹レンズ動作可能なことも単個レンズと同様である。

【0177】

さらに、本発明の第2の実施の形態においては、複合電極111と対向電極113の間に挟持するネマティック液晶層101のダイレクタの向きは複合電極のスリットラインの方向と直交する向きに設定した方が良い。これは、複合電極に駆動波形印加中はスリット近傍では常にスリットラインに直交する向きに強電界がかかるため、スリットラインに平行な液晶分子が存在すると平面内で回転するトルクが掛かり、スリット近傍のディスクリネーションの拡大を誘発し、結果として位相変調特性に悪影響を与えてしまうからである。

【0178】

実施の形態において示した $-V$ [V]、 $+V$ [V]等の電位は例えば5～30 [V]で1～10000 [Hz]の交流パルス源を実際の電圧源として使用することができる。

【0179】

可変焦点型のマイクロレンズの用途として、ビル間の光無線通信用送受信器の送信または受信ビーム角制御用レンズに、マイクロレンズを使用する場合がある。この場合、単一の可変焦点レンズで所定の焦点距離を形成することは難しいため、可変焦点レンズと固定レンズとを組み合わせる使用することとなる。

【0180】

この可変焦点型のマイクロレンズにおいて、本発明の液晶光変調装置を適用することができる。液晶光変調装置を適用することにより可変焦点レンズを制御し、これによりビーム幅を可変とし、ビルの伸縮や揺れによるレーザビームの振れを送信側または受信側のビームの拡散角を必要に応じて微小な角度を可変とすることができる。

【0181】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明の液晶光変調装置によれば、凹レンズとして動作することを可能とすることができる。また、従来の凸レンズ動作に加え、凹レンズの動作を任意に可変可能とし、その焦点距離を可変とすることができる。

【図面の簡単な説明】**【図 1】**

液晶光変調装置の構成を説明するための断面図である。

【図 2】

本発明の液晶光変調装置が備える複合電極の平面図である。

【図 3】

本発明の液晶光変調装置が備える対向電極の平面図である。

【図 4】

本発明の円筒面レンズを形成する他の構造の複合電極の平面図である。

【図 5】

本発明の液晶光変調装置の液晶層の印加電圧－実効複屈折率特性を示すグラフである。

【図 6】

本願発明の液晶光変調装置の信号電極に対する印加信号の期間を示す図である。

【図 7】

本発明の液晶光変調装置を凹レンズ動作させる場合の駆動波形を説明するための図である。

【図 8】

本発明の液晶分子層に印加される実効電圧を説明するための図である。

【図 9】

本発明の液晶光変調装置を凸レンズ動作させる場合の駆動波形を説明するための図である。

【図 1 0】

本発明の液晶分子層に印加される実効電圧を説明するための図である。

【図 11】

本発明の液晶レンズの動作原理を説明するための図である。

【図 12】

本発明の液晶レンズによる収束条件の導出を説明するための概略図である。

【図 13】

本発明の正方開口の液晶レンズを説明するための概略図である。

【図 14】

本発明の相対光路長分布 ϕ を説明するための図である。

【図 15】

ホメオトロピック配向の場合の印加電圧－実効複屈折特性の例を示すグラフである。

【図 16】

本発明の液晶光変調装置を凸レンズ動作させる場合の駆動波形を説明するための図である。

【図 17】

本発明の液晶光変調装置を凸レンズ動作させる場合の電極位置による電圧分布を示す図である。

【図 18】

活性領域中のネマティック液晶層の実効複屈折率の分布を説明するための図である。

【図 19】

活性領域中のネマティック液晶層の位相変調量を説明するための図である。

【図 20】

本発明の液晶光変調装置のレンズ動作の動作点を移動させる場合の駆動波形を説明するための図である。

【図 21】

本発明の液晶光変調装置のレンズ動作の動作点を移動させる場合の電極位置による電圧分布を説明するための図である。

【図 2 2】

本発明の動作点シフトを説明する図である。

【図 2 3】

本発明の別の駆動方法による駆動波形を説明するための図である。

【図 2 4】

本発明の凹レンズ動作を実現する駆動期間の駆動波形を説明するための図である。

【図 2 5】

本発明の凹レンズ動作を実現する電極位置による電圧分布を説明するための図である。。

【図 2 6】

本発明の凹レンズ動作において焦点距離を変更する動作を説明するための図である。

【図 2 7】

本発明の凹レンズ動作において焦点距離を変更する動作を説明するための図である。

【図 2 8】

本発明液晶光変調装置による 2 枚の円筒面レンズを重ねることで球面レンズアレイを構成する例を説明するための図である。

【図 2 9】

二次元の屈折率変調をネマティック液晶層で行う球面レンズ構成を説明するための図である。

【図 3 0】

矩形開口に適用する球面レンズの例を説明するための図である。

【図 3 1】

アレイ化した複合電極の構成を説明するための図である。

【図 3 2】

シャック・ハルトマン型センサの原理を示す図である。

【図 3 3】

液晶光変調装置を用いた円筒面レンズを形成する複合電極の構造を説明するための平面図である。

【図 3 4】

円筒面レンズの一構成例の斜視図である。

【図 3 5】

液晶光変調装置に印加する傾斜電位を説明するための図である。

【図 3 6】

液晶光変調装置を用いた球面レンズの構成を形成する複合電極の構造を説明するための平面図である。

【符号の説明】

- 1 0 1 液晶分子層
- 1 0 3 第 1 の基板
- 1 0 5 第 2 の基板
- 1 0 7 ダレクタ
- 1 0 9 ティルト角
- 1 1 1 複合電極
- 1 1 3 対向電極
- 1 1 5 無反射コート
- 1 1 7 配向層
- 2 0 1 第 1 の傾斜電位電極
- 2 1 1, 2 1 3, 2 1 5 信号電極
- 2 2 0 ~ 2 3 9 ストライプ電極
- 2 5 1 第 1 の円筒面レンズ
- 2 6 1 第 2 の円筒面レンズ
- 2 7 1 活性領域
- 2 8 1 レンズ領域
- 3 1 7, 3 1 8, 3 1 9 分割線
- 3 8 1, 3 8 3, 3 8 5 対向信号電極
- 3 9 1, 3 9 3, 3 9 5 対向電極

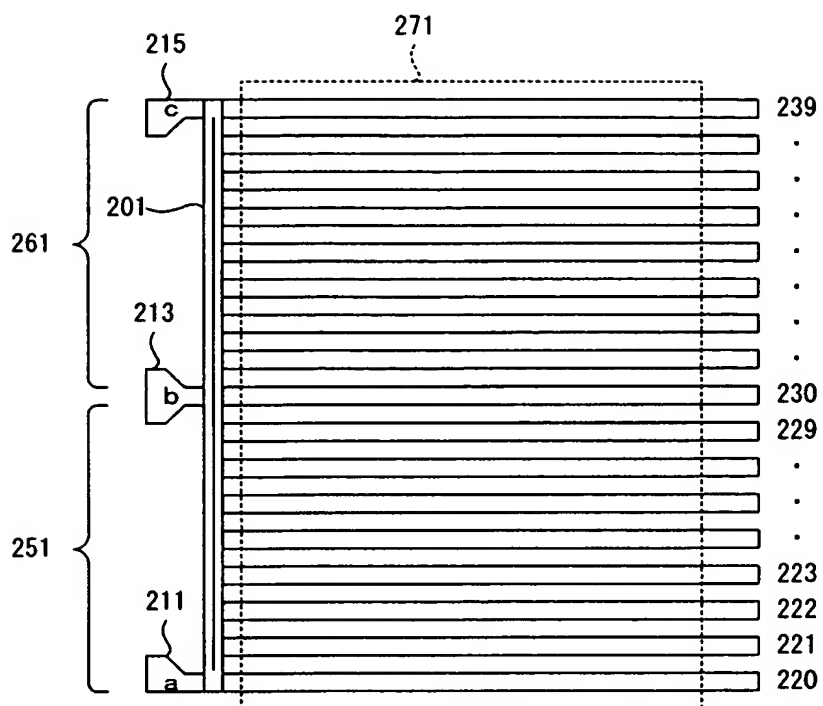
401, 401' 第2の傾斜電位電極
411, 413, 415, 411', 413', 415' 信号電極
451 第1の円筒面レンズ
461 第2の円筒面レンズ
471 活性領域
520 第1の2次曲線領域
521 第1の直線領域
522 第2の2次曲線領域
601 液晶レンズ
610 直線偏光
613 入射波面
623 出射波面
701 点 r
710 第1の光路長
720 第2の光路長
810 正方開口
901 凸レンズ位相曲線
903 凹レンズ位相曲線
1001 凹レンズ動作領域
1003 凸レンズ動作領域
1101, , 1103, 1105 駆動波形
1201, 1203, 1205 電位
1301 第1のレンズ領域
1303 第2のレンズ領域
1305 第1のシフトレンズ領域
1307 第2のシフトレンズ領域
1311 第1の凹レンズ領域
1313 第2の凹レンズ領域
1401, 1403, 1405, 1407, 1409, 1411 位相曲線

1 4 0 7 位相曲線 A
1 4 1 3 位相曲線 B
1 4 1 5, 1 4 1 7、1 4 1 9 電位
1 5 0 1, 1 5 0 3 駆動波形
1 6 0 1 正電位分布
1 6 0 3 負電位分布
1 6 0 5 第 1 の傾斜電位
1 6 0 7 第 2 の傾斜電位
1 6 0 9 電位分布
1 6 1 1 相対位相変調量
1 7 0 1 第 1 直線領域
1 7 0 3 第 1 曲線領域
1 7 0 5 動作点
1 7 1 1, 1 7 1 3 動作範囲
1 8 0 3, 1 8 0 5, 1 8 0 7, 1 8 0 9 駆動波形
1 8 1 1, 1 8 1 3 実効電圧
1 9 0 1, 1 9 0 3, 1 9 0 5, 1 9 0 7 駆動波形
2 0 0 1, 2 0 0 3 電位
2 0 1 1, 2 0 1 3 対向電位
2 0 2 1 実効電位
2 1 0 1, 2 1 0 3, 2 1 0 5 電位
2 1 1 1, 2 1 1 3, 2 1 1 5 相対位相変調量
2 1 2 1, 2 1 2 3, 2 1 2 5 相対位相変調量
2 3 0 1 第 1 の円筒面レンズ
2 3 0 2、2 3 0 5 ストライプ電極
2 3 0 4 第 2 の円筒面レンズ
2 3 0 5, 2 3 0 6 ダイレクタ方向
2 4 0 1 ~ 2 4 0 9 半円環状ストライプ電極
2 4 0 9 中心電極

2 4 1 0 傾斜電位電極
2 4 2 1 第 1 のスリット
2 4 2 3 第 2 のスリット
2 4 3 1 第 1 の信号電極
2 4 3 3 第 2 の信号電極
2 4 0 0 複合電極
2 4 4 0 対向電極
2 4 4 1 第 1 の領域
2 4 4 3 第 2 の領域
2 4 5 1 分割線
2 5 0 0 複合電極
2 5 0 1 ~ 2 5 0 9 半円環状のストライプ電極
2 5 1 0, 2 5 1 3, 2 5 1 5 セグメントストライプ電極
2 5 2 0 中心電極
2 5 2 1 第 1 のスリット
2 5 2 3 第 2 のスリット
2 5 2 1 第 1 の対角傾斜電位電極
2 5 2 3 第 2 の対角傾斜電位電極
2 5 3 1 第 1 の信号電極
2 5 3 3 第 2 の信号電極
2 6 1 0 単位レンズ
2 6 0 1 信号ライン a
2 6 0 3 信号ライン b
2 6 0 5 信号ライン c
2 6 2 1 第 1 の対角傾斜電位電極
2 6 2 3 第 2 の対角傾斜電位電極
2 7 0 1 入射光
2 7 0 3 マイクロレンズアレイ
2 7 0 5 C C D アレイ

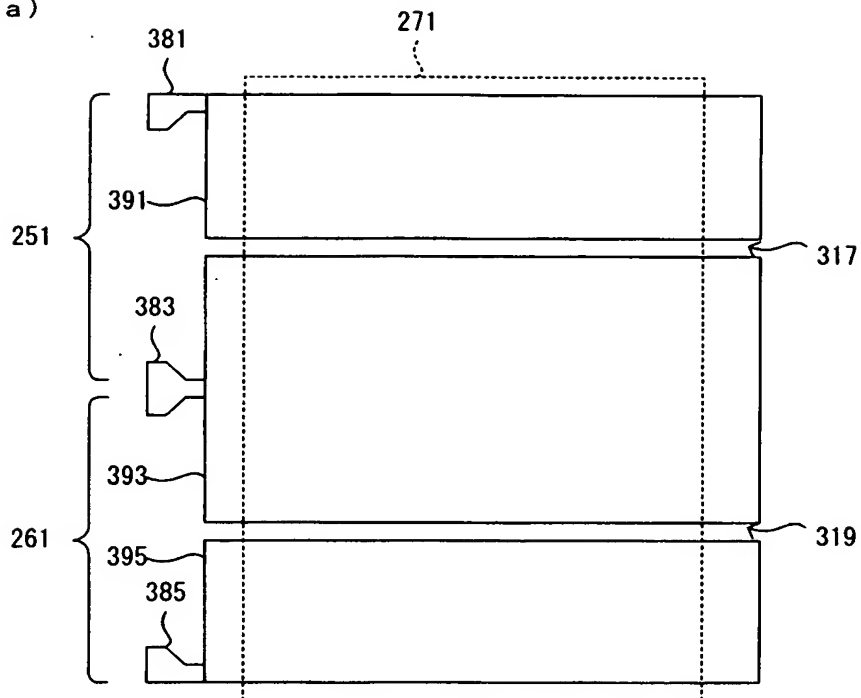
2 7 0 7 焦点
2 7 0 9 強度分布曲線
2 8 0 1 第 1 の傾斜電位電極
2 8 1 1, 2 8 1 3, 2 8 1 5 信号電極
2 8 2 0 ~ 2 8 3 9 ストライプ電極
2 8 5 1 第 1 の円筒面レンズ
2 8 6 1 第 2 の円筒面レンズ
2 8 7 1 活性領域
2 9 0 1 凸レンズ領域
3 0 0 1 ~ 3 0 0 8 半円環状のストライプ電極
3 1 0 9 中心電極
3 1 0 1 ~ 3 1 0 8 半円環状のストライプ電極
3 0 1 0 傾斜電位電極
3 1 2 1 第 1 のスリット
3 1 2 3 第 2 のスリット
3 1 3 1 第 1 の信号電極
3 1 3 3 第 2 の信号電極

【図 2】

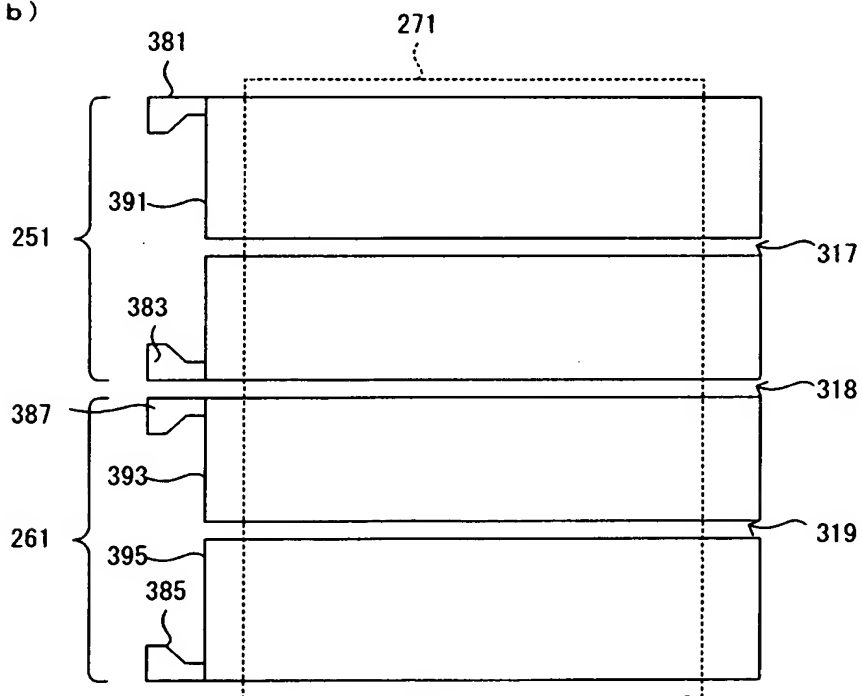


【図 3】

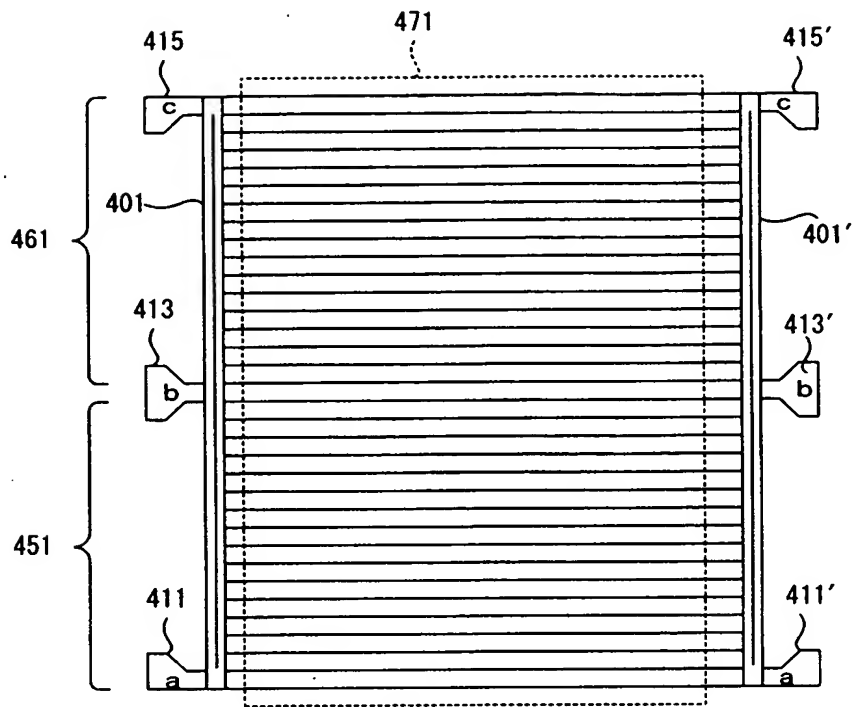
(a)



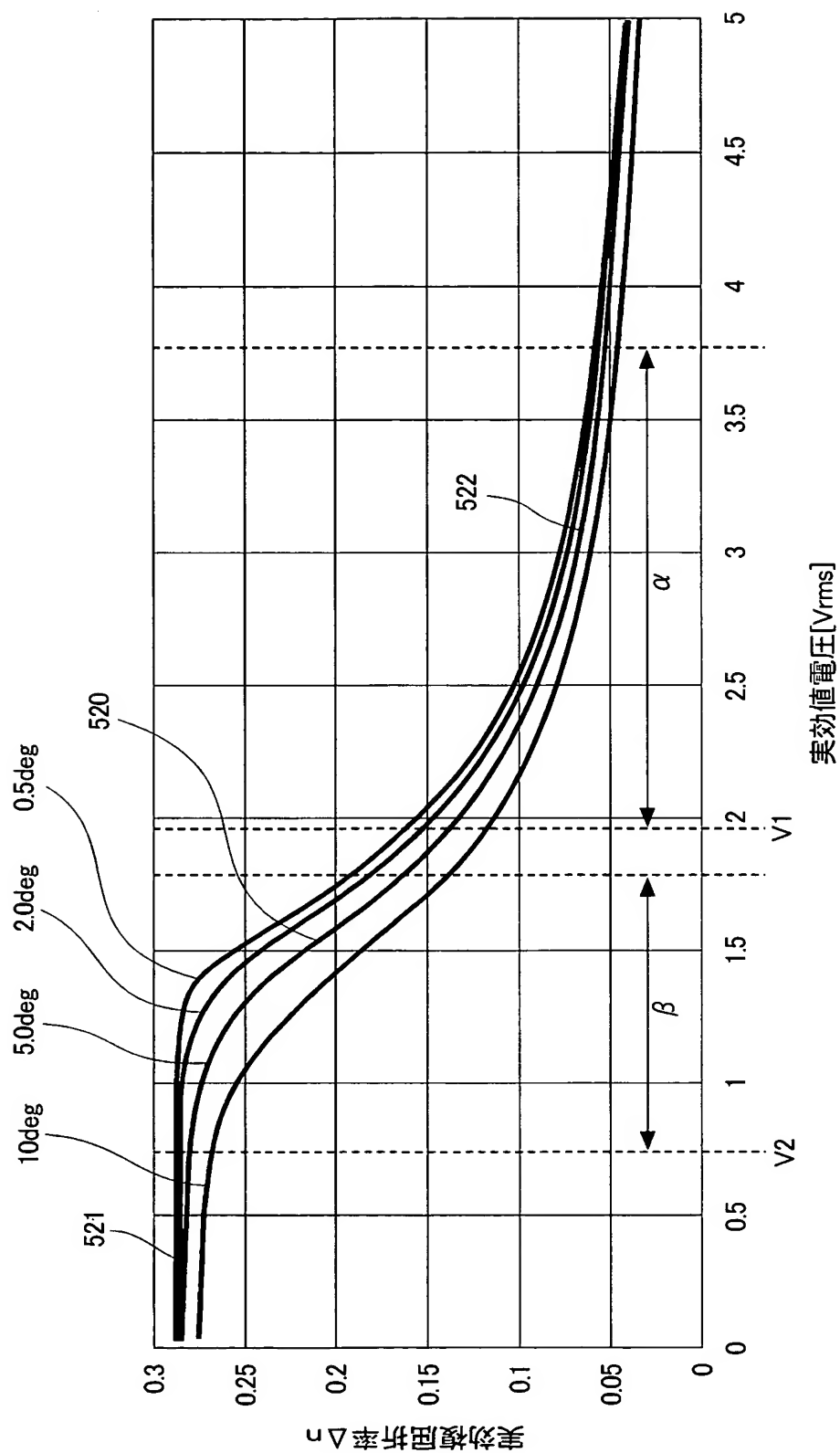
(b)



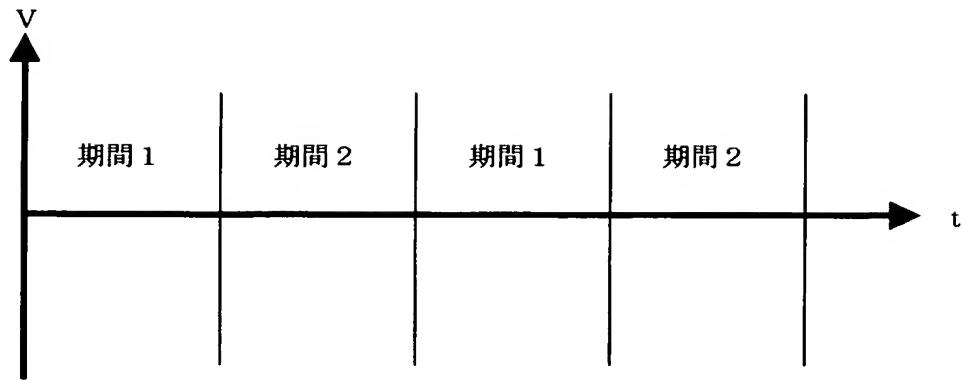
【図 4】



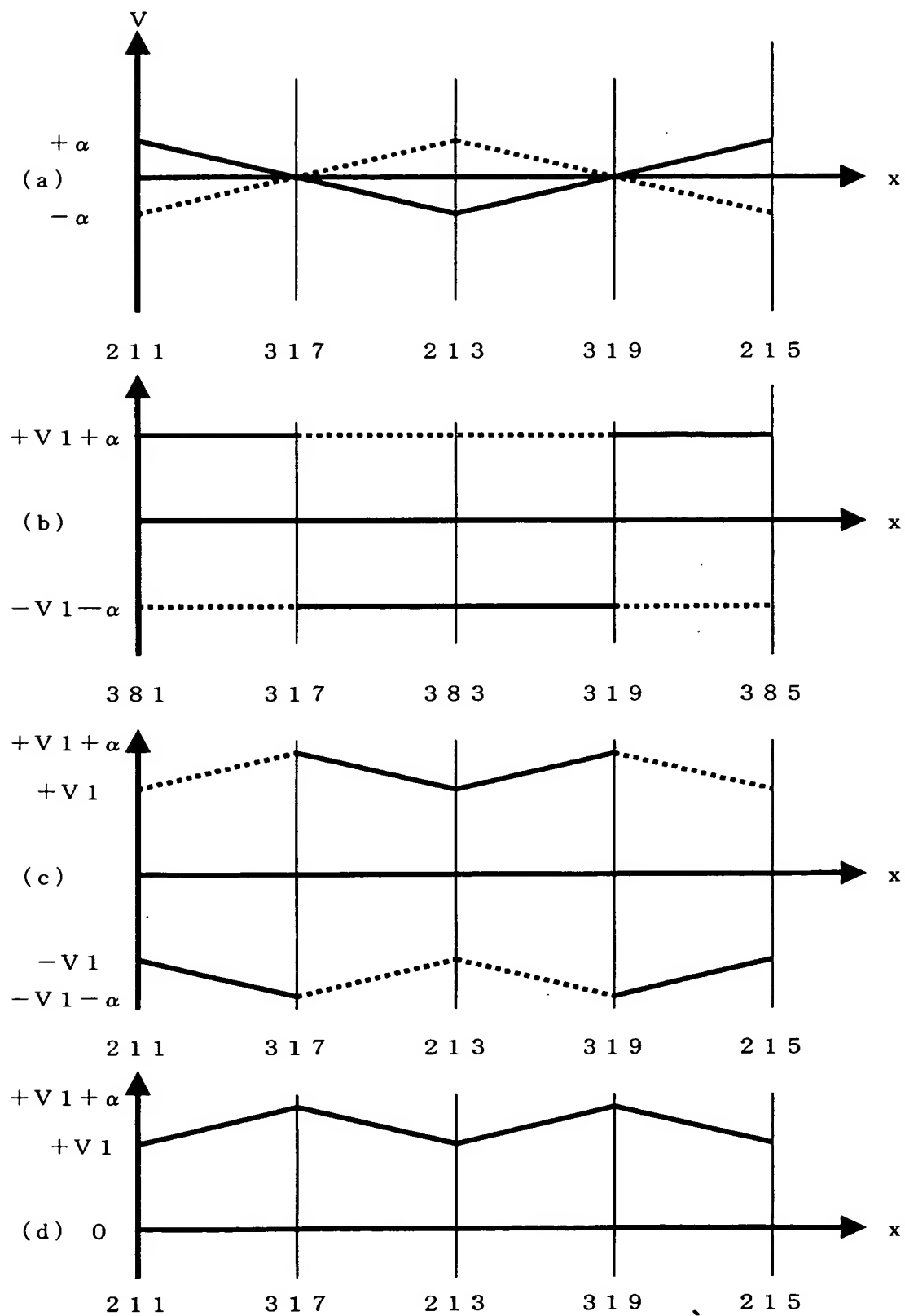
【図 5】



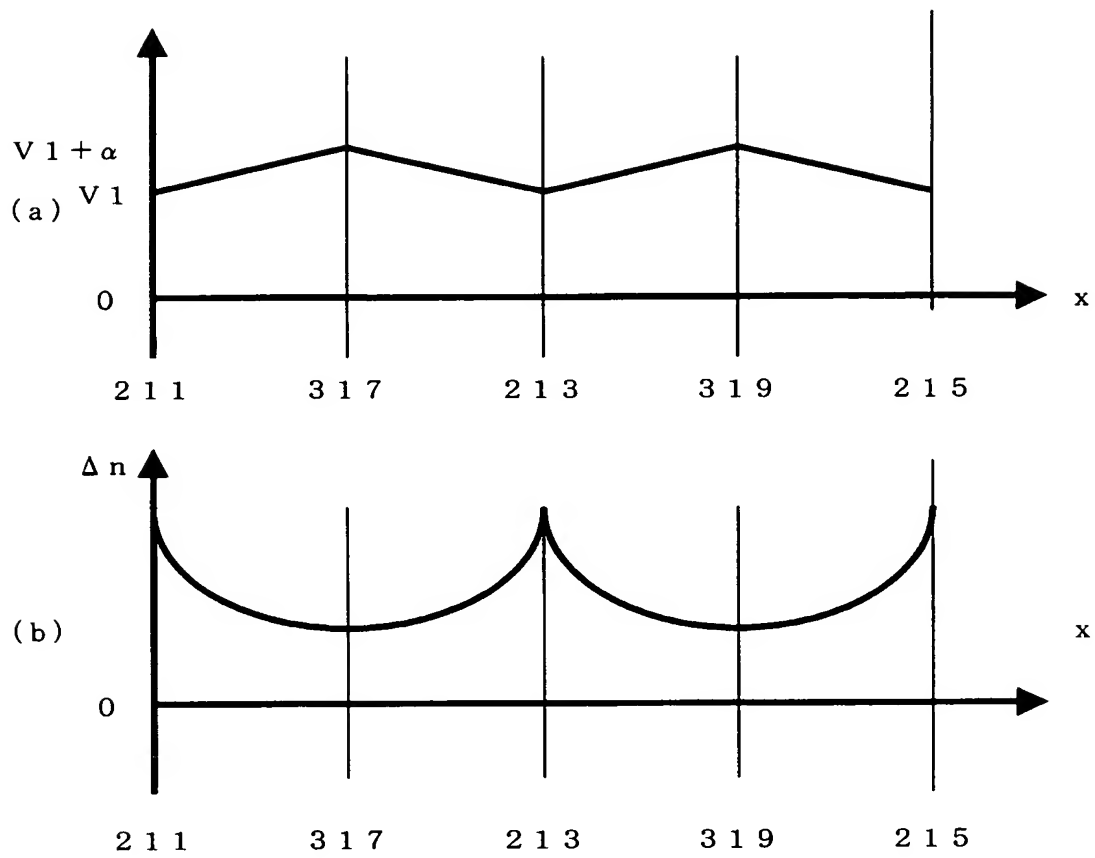
【図 6】



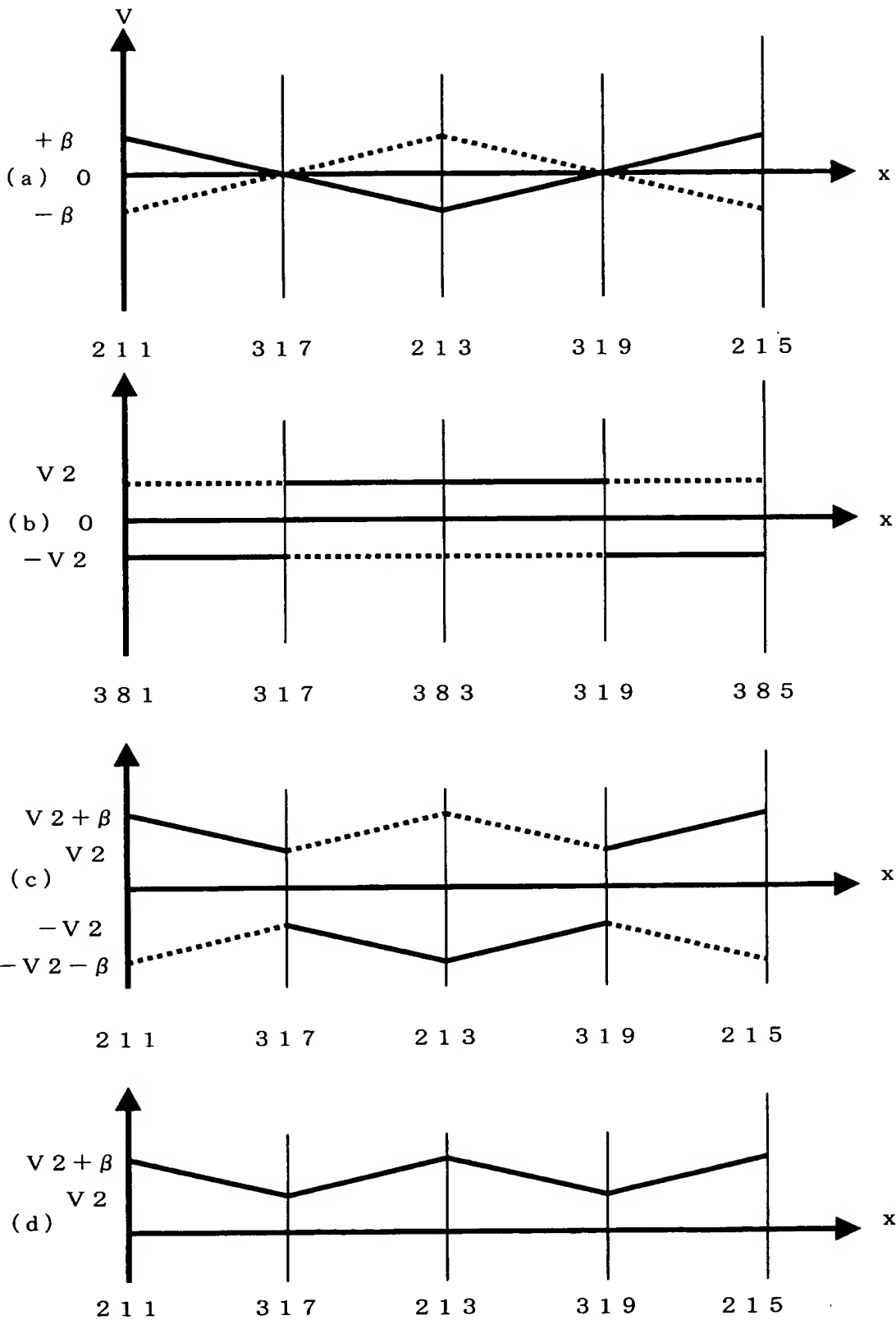
【図 7】



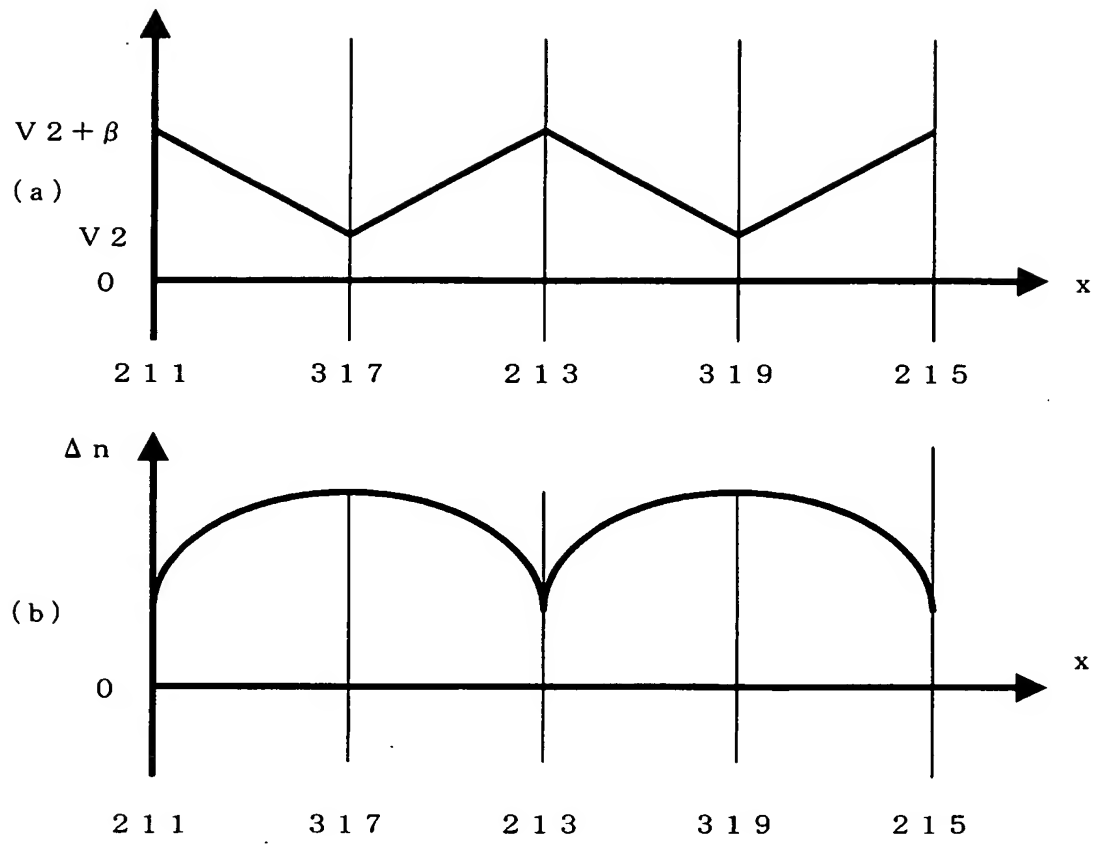
【図 8】



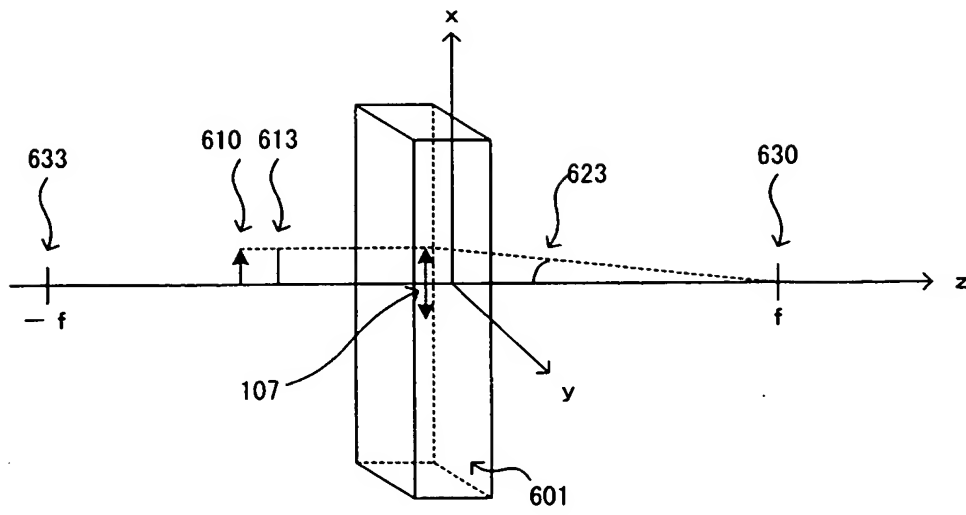
【図 9】



【図 10】

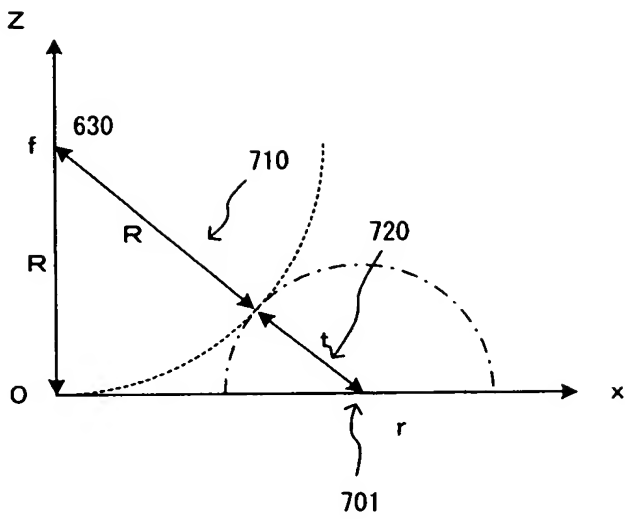


【図 11】

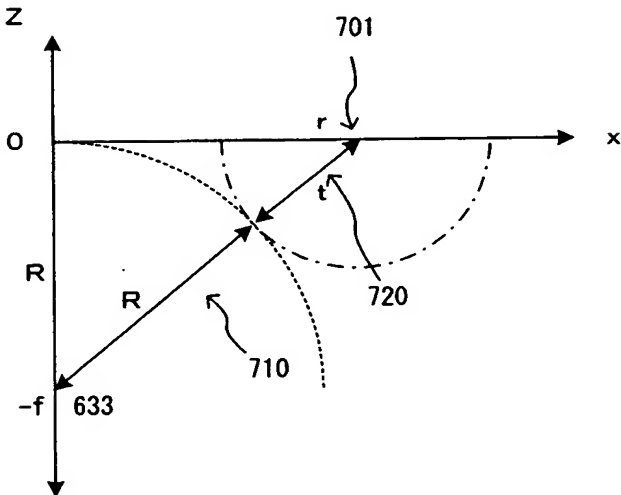


【図 12】

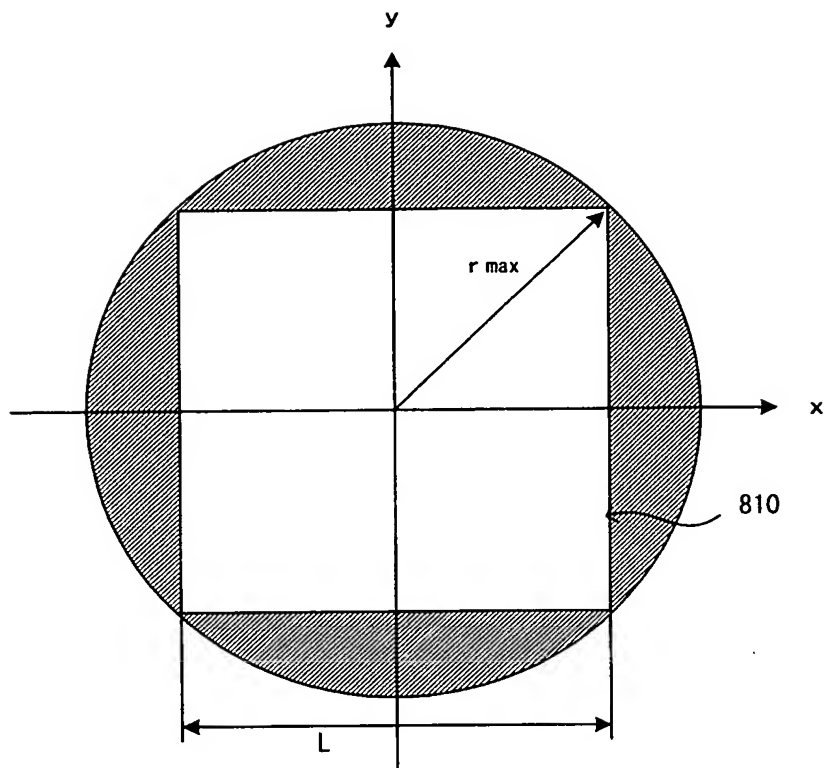
(a)



(b)

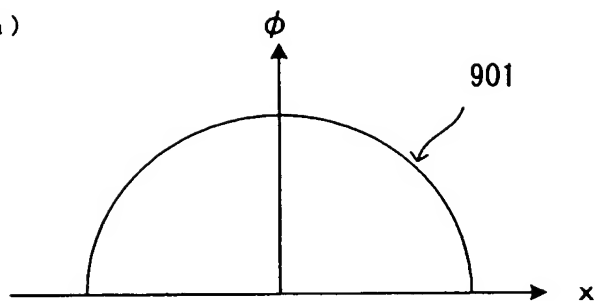


【図 13】

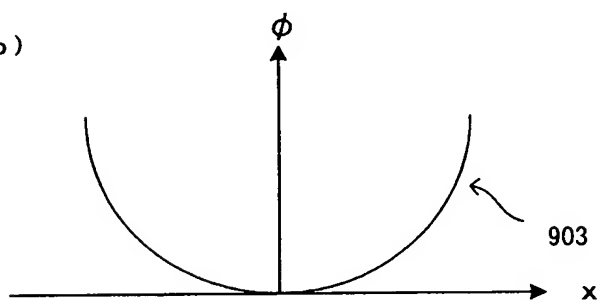


【図 14】

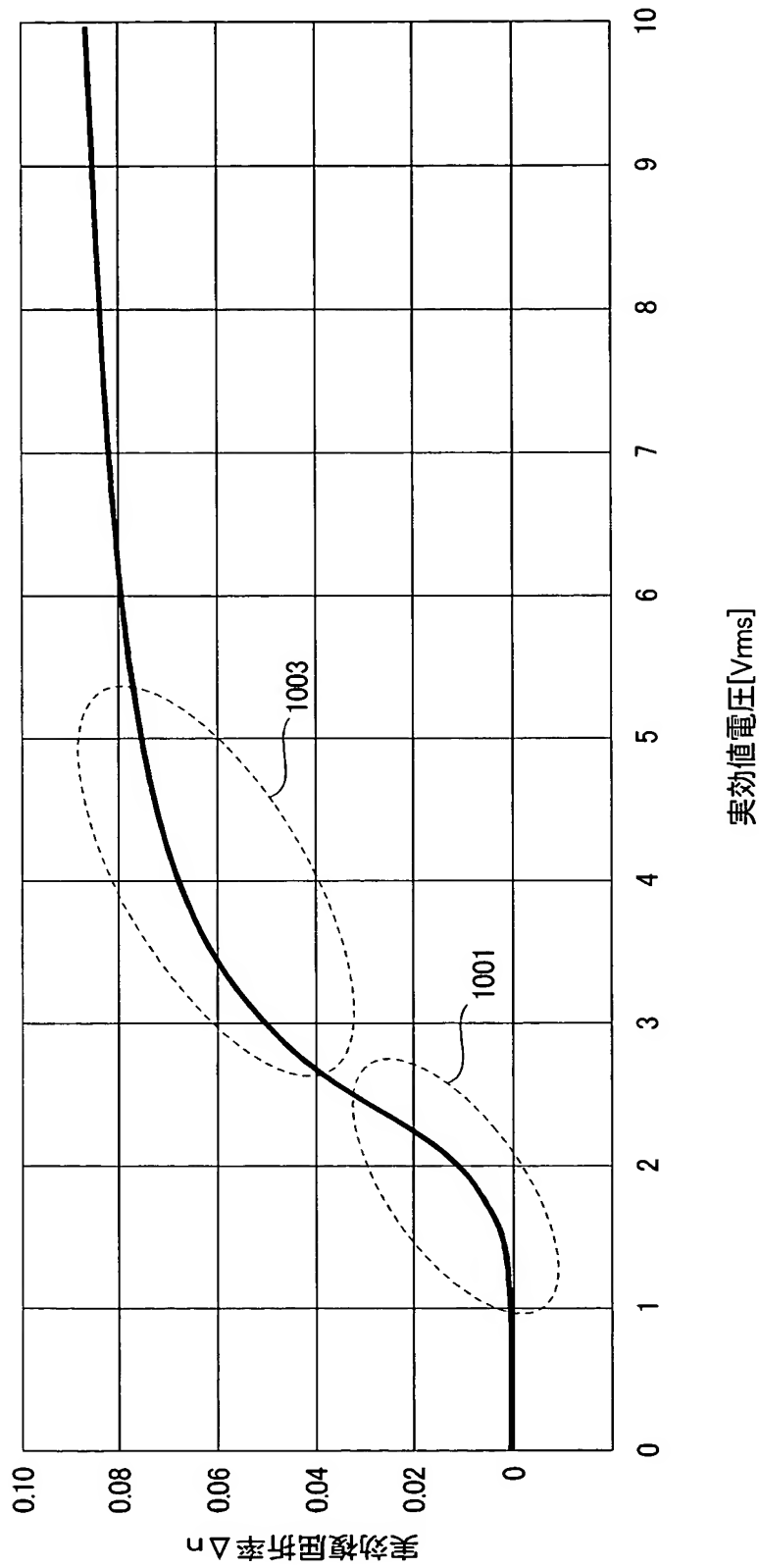
(a)



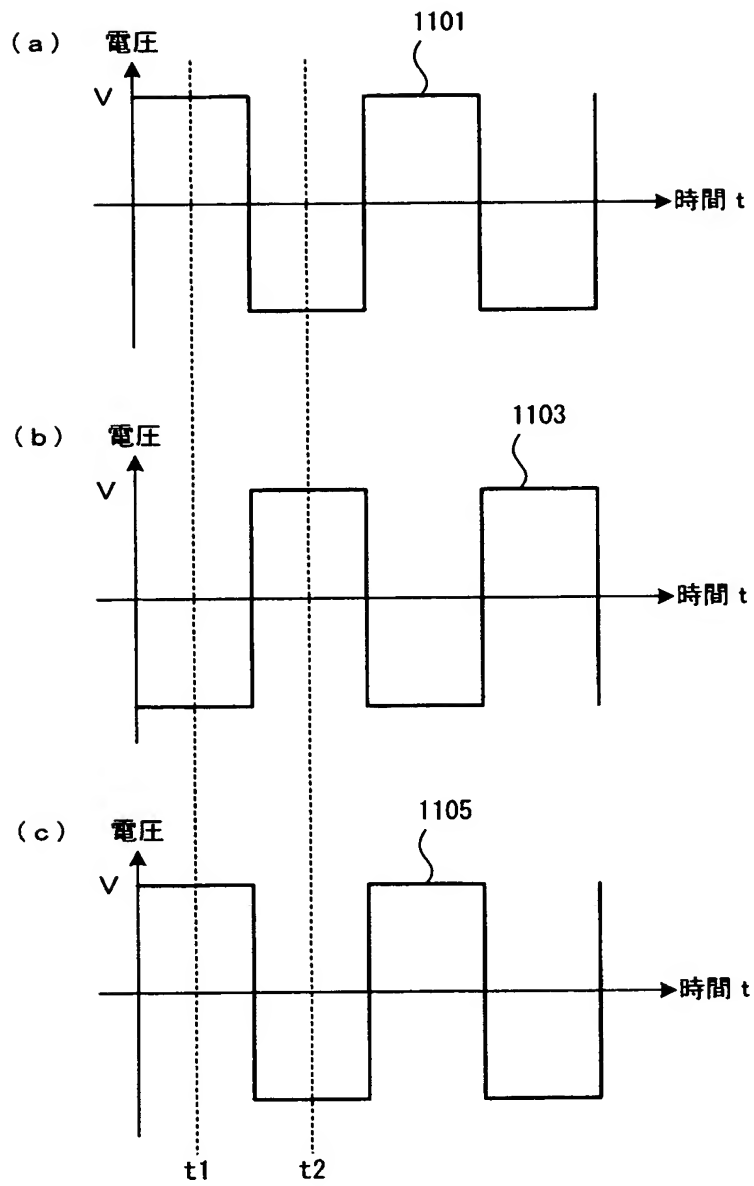
(b)



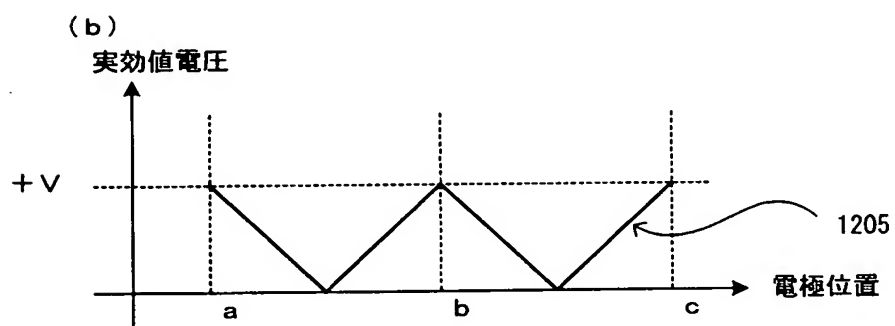
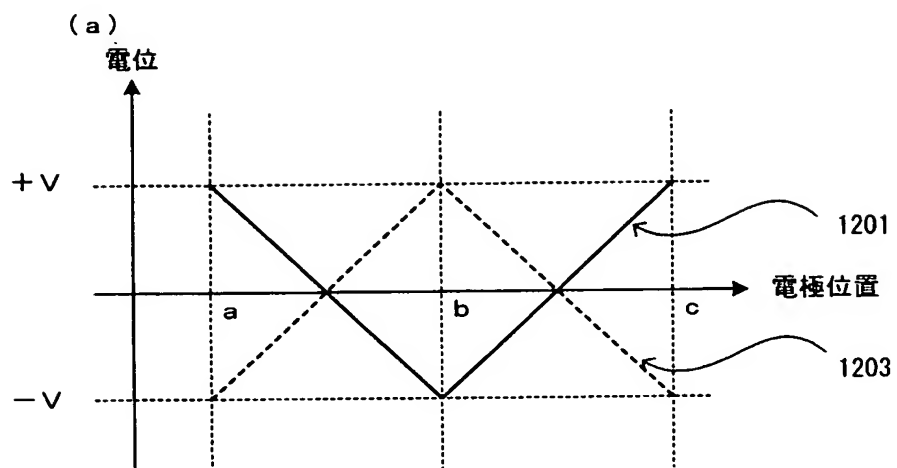
【図 15】



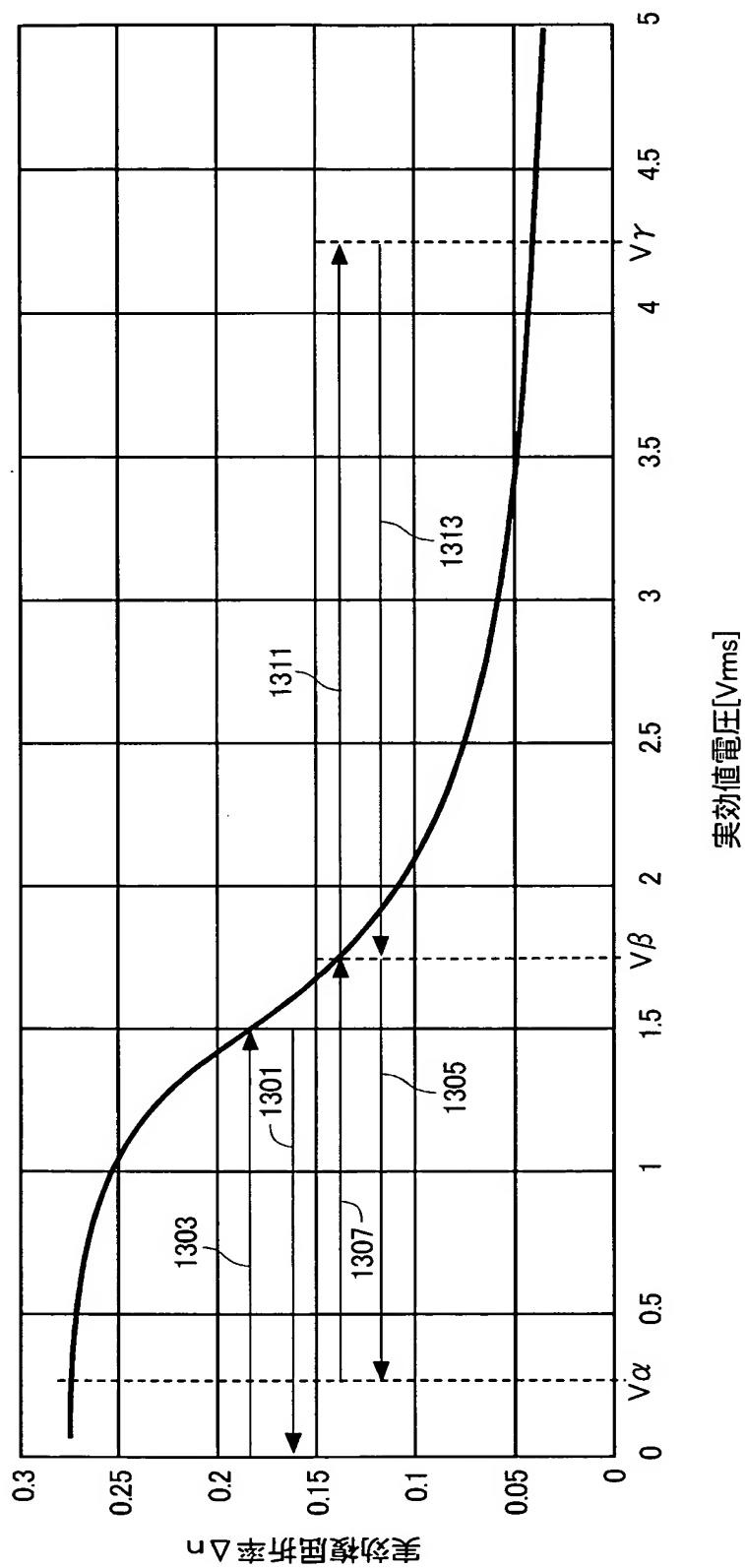
【図 16】



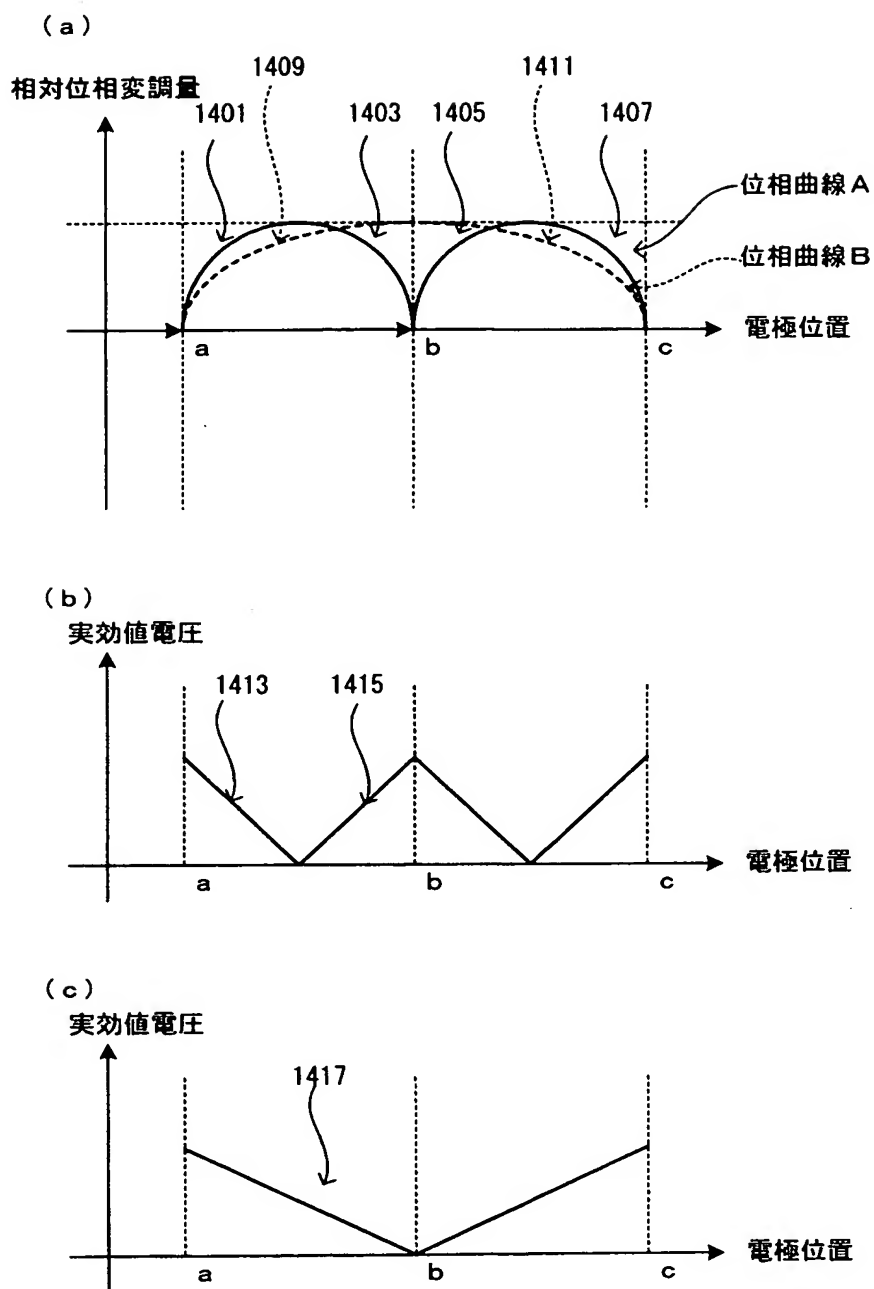
【図 17】



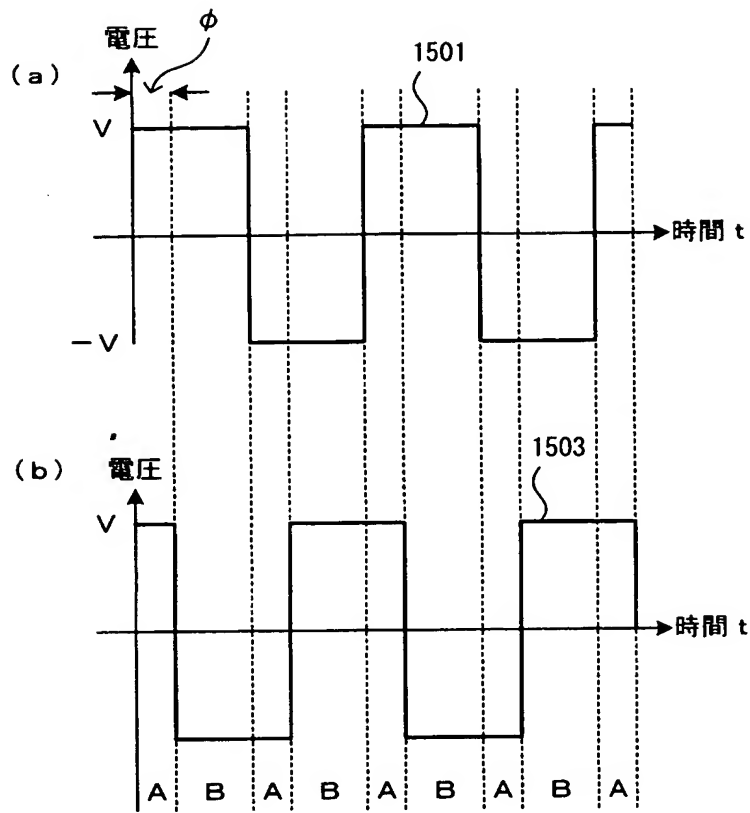
【図 18】



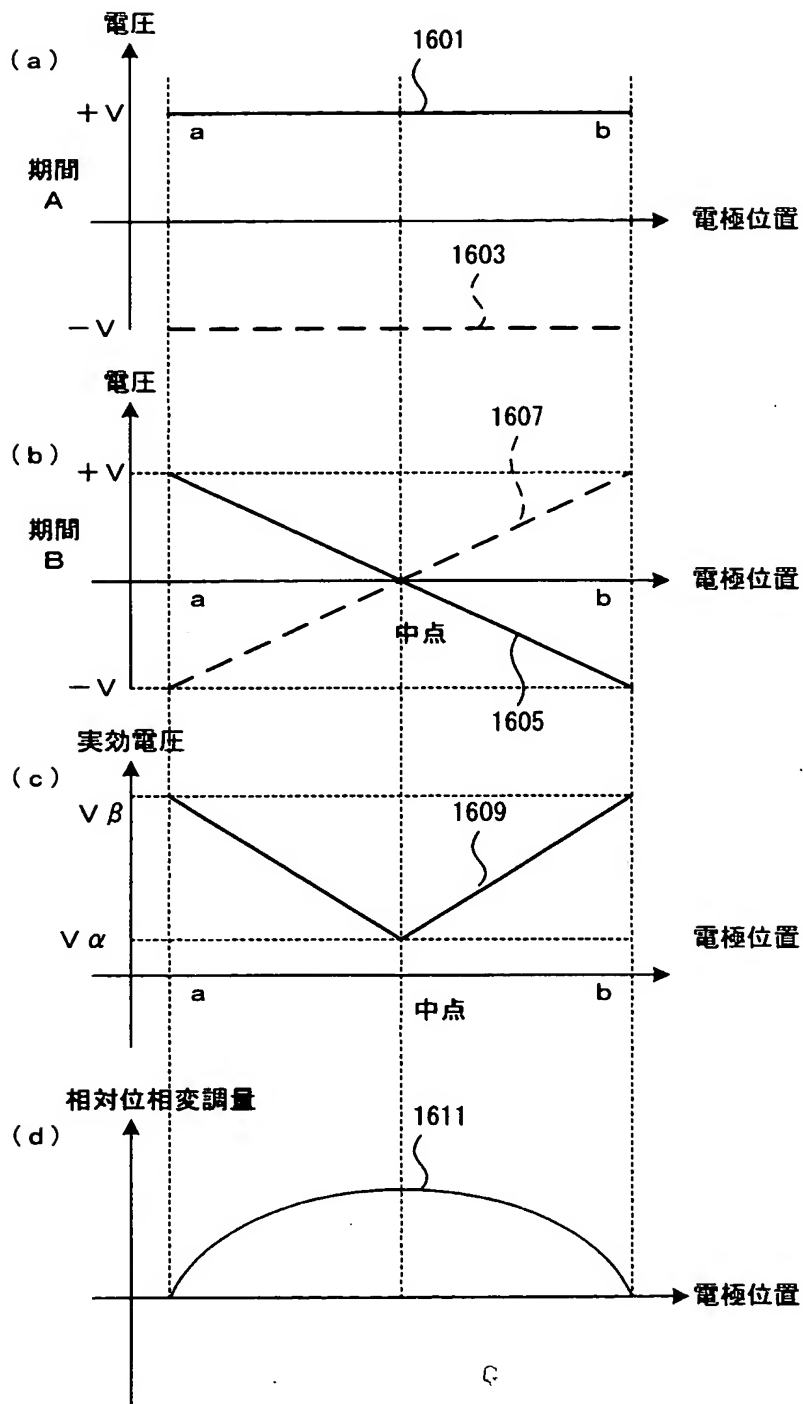
【図 19】



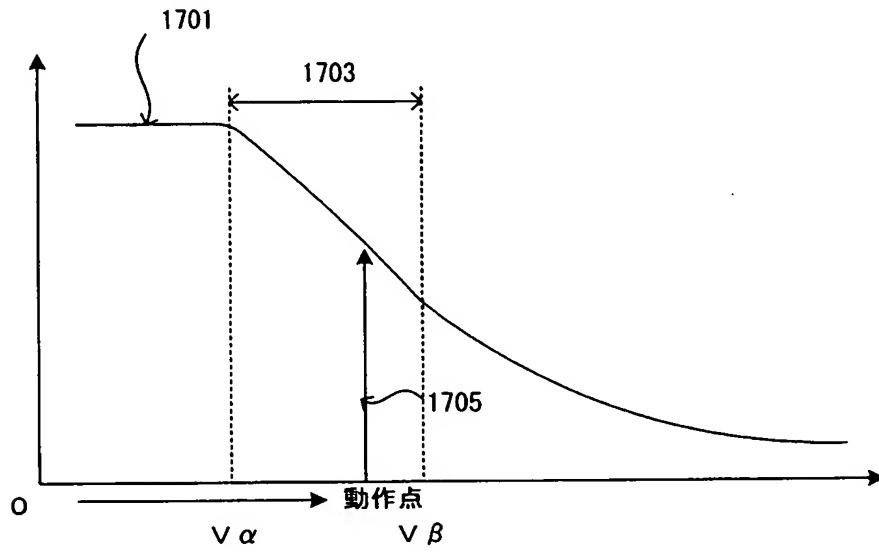
【図 20】



【図 21】

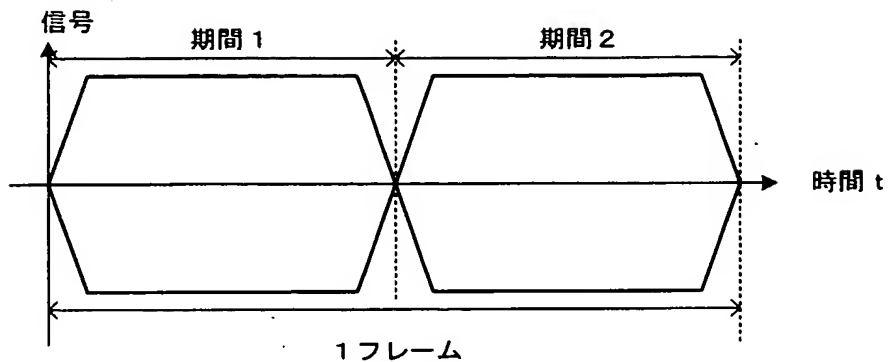


【図 22】

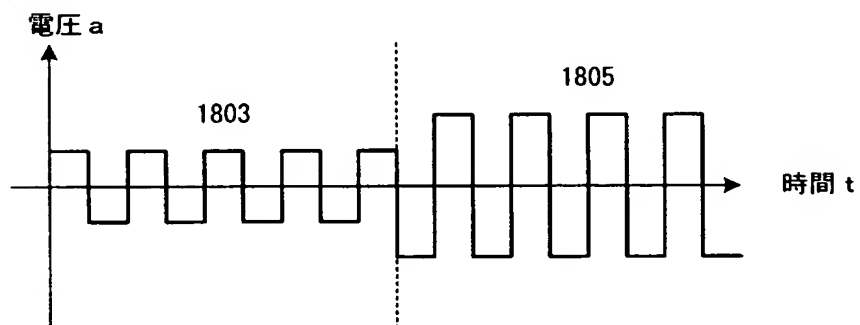


【図 23】

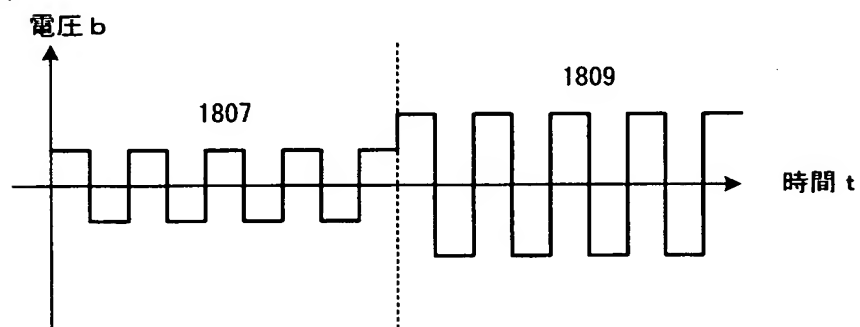
(a)



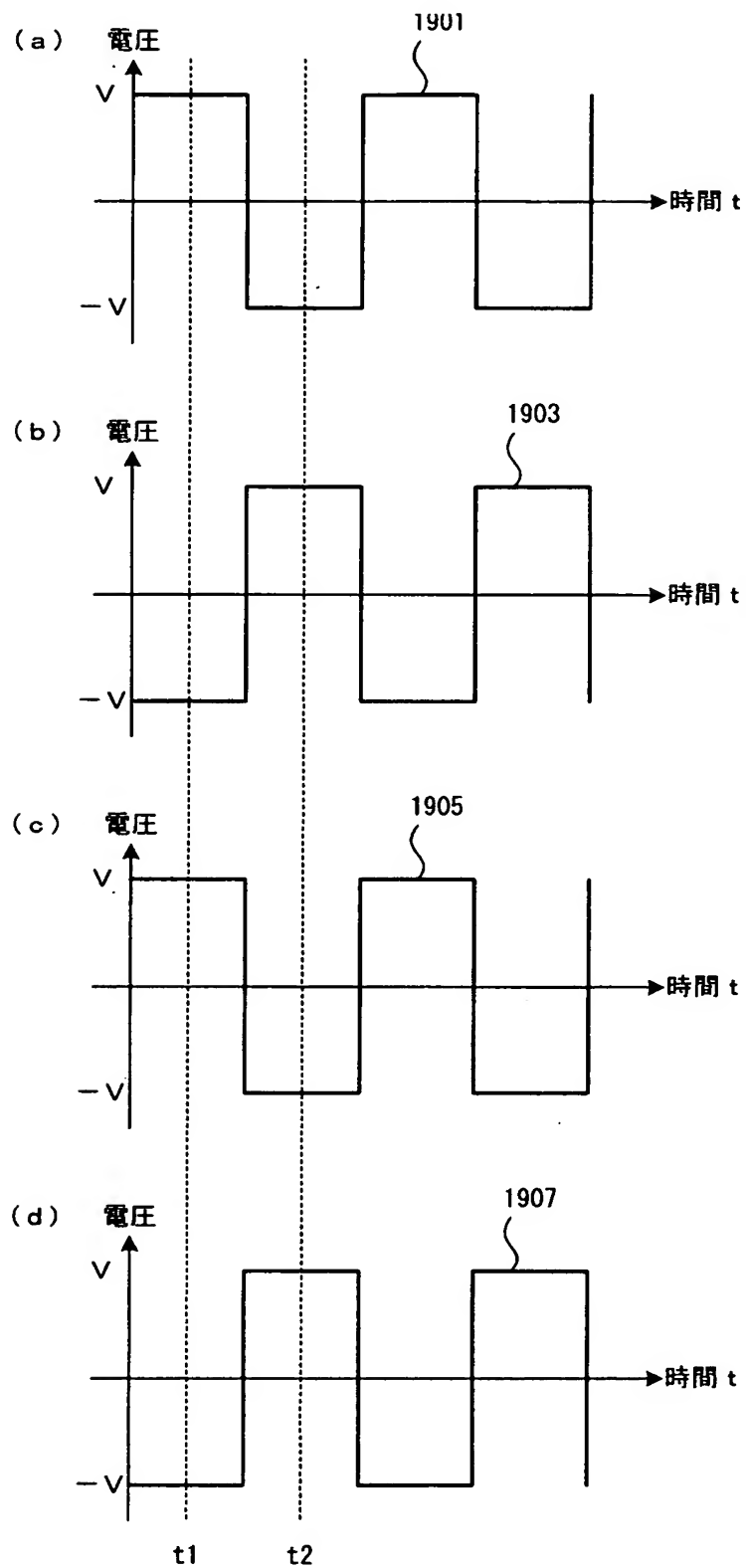
(b)



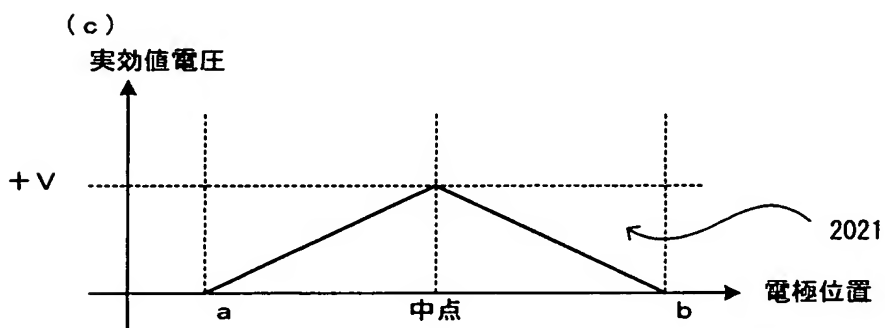
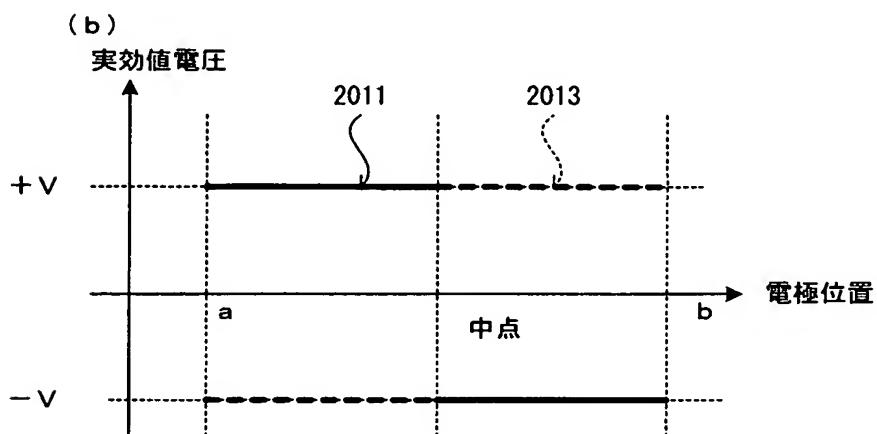
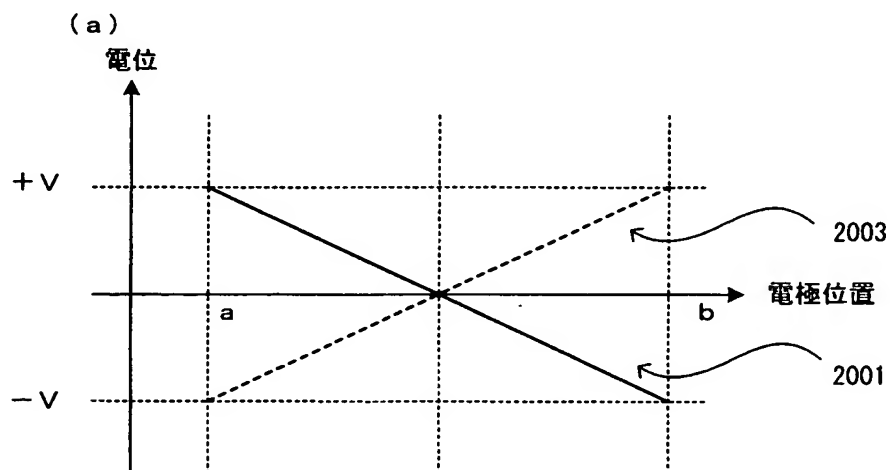
(c)



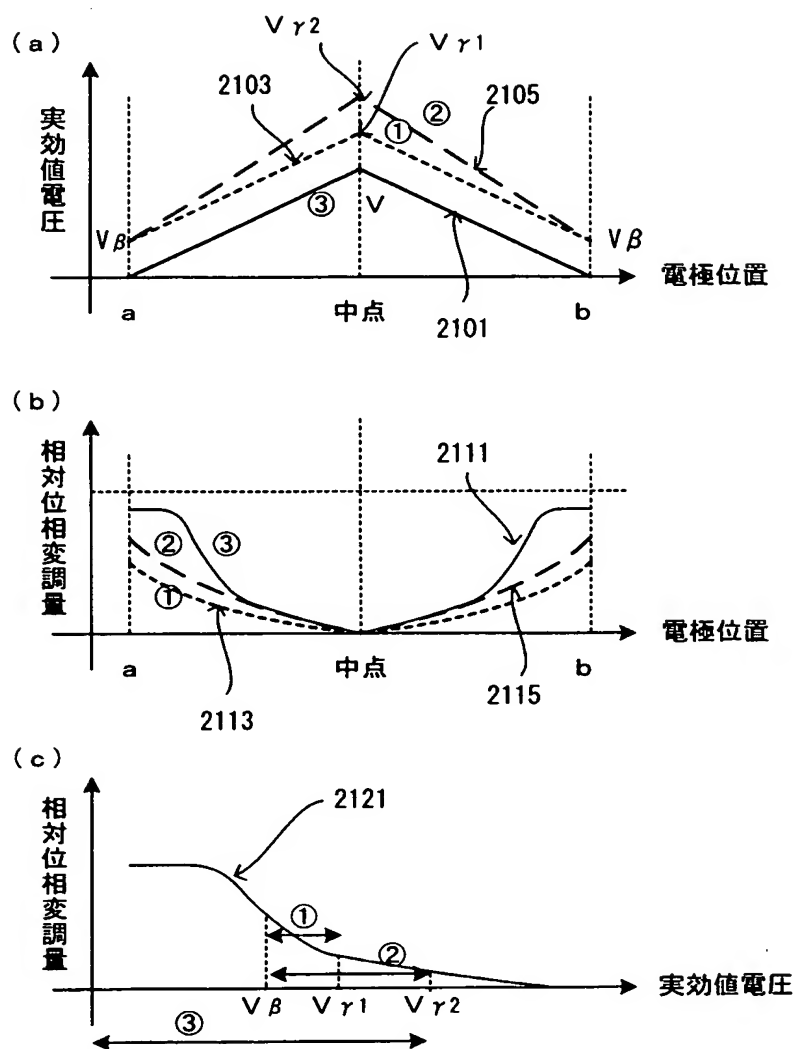
【図 24】



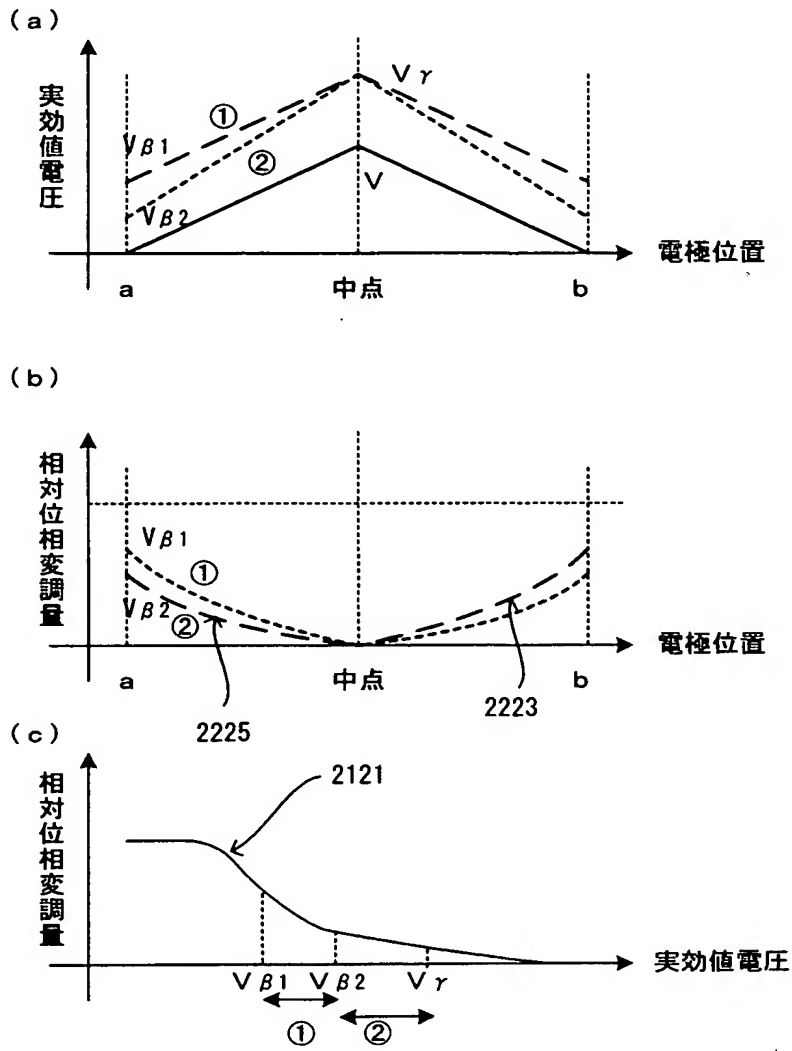
【図 25】



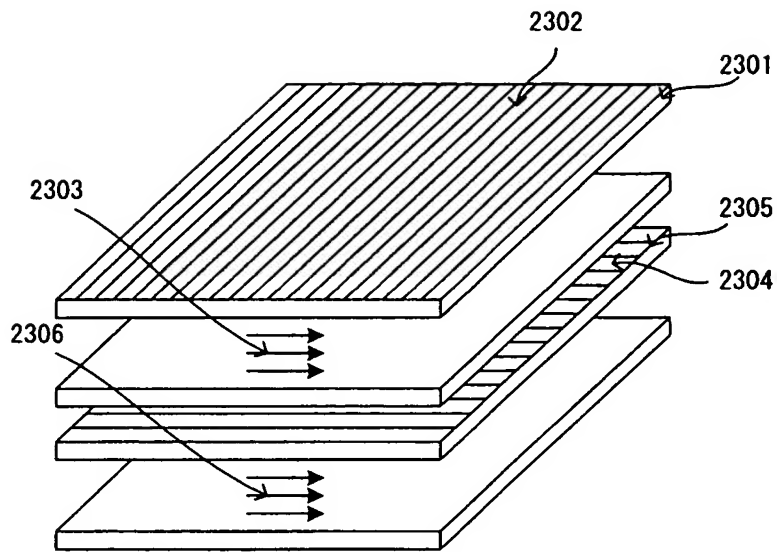
【図 26】



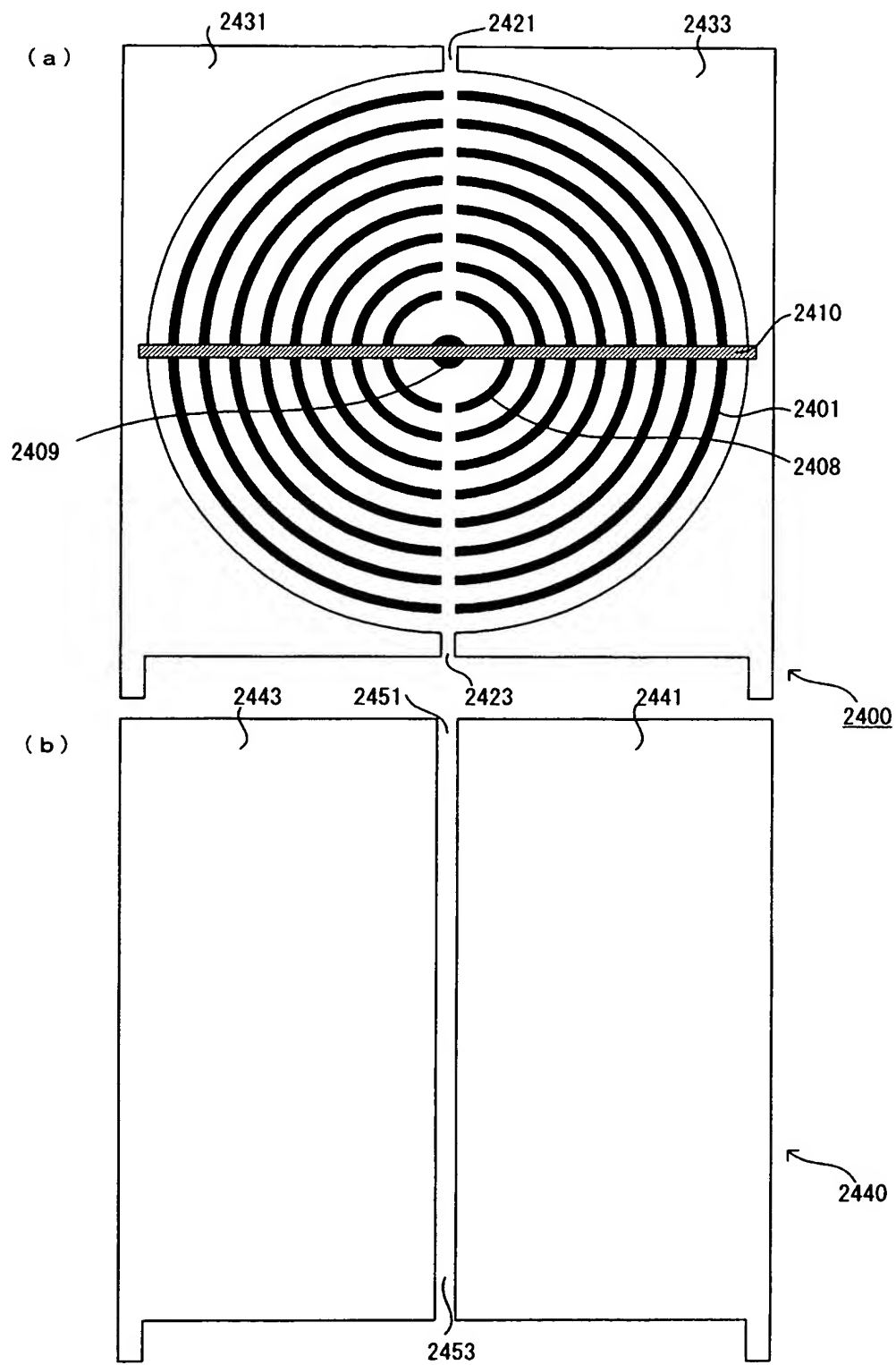
【図 27】



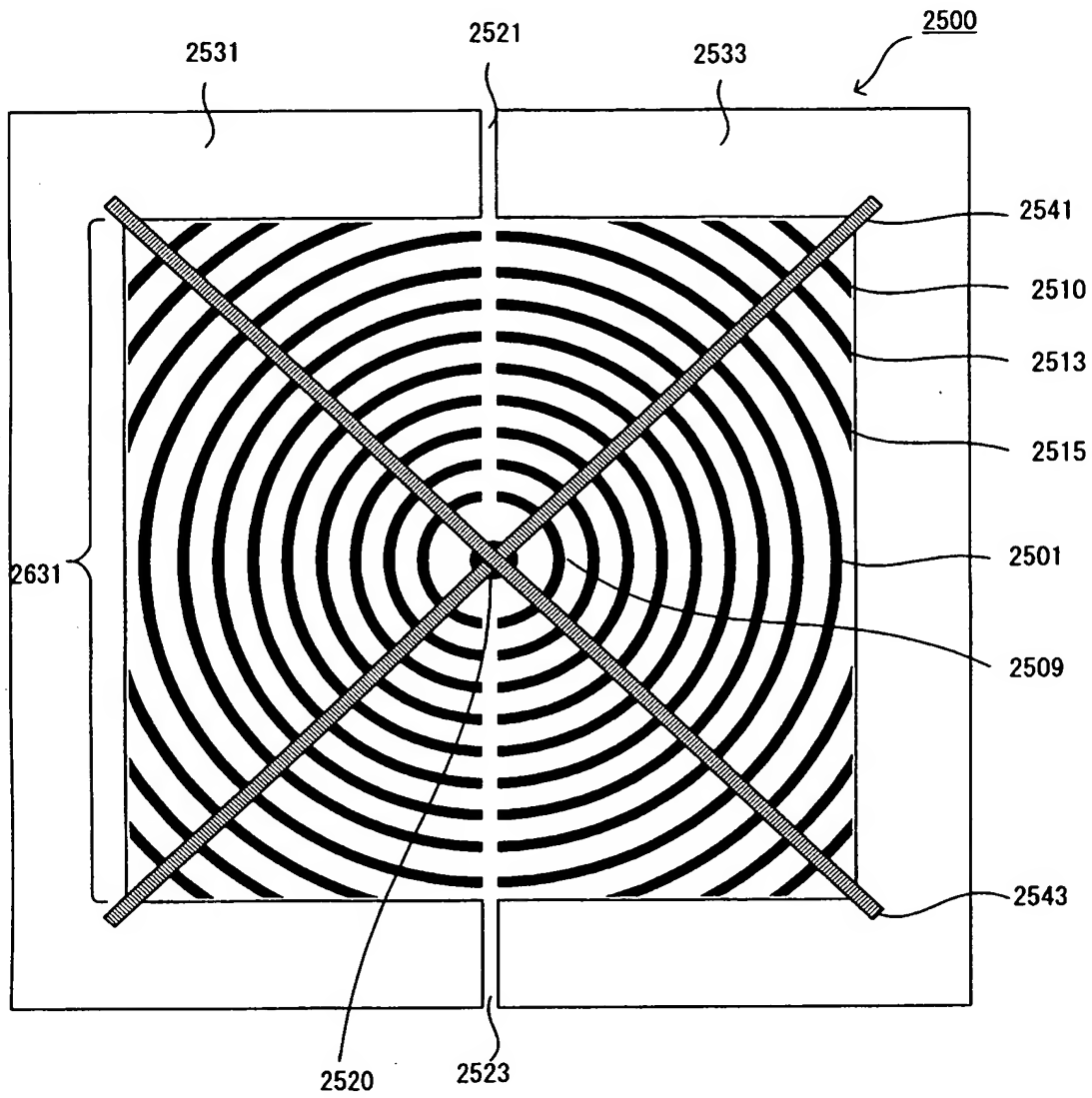
【図 28】



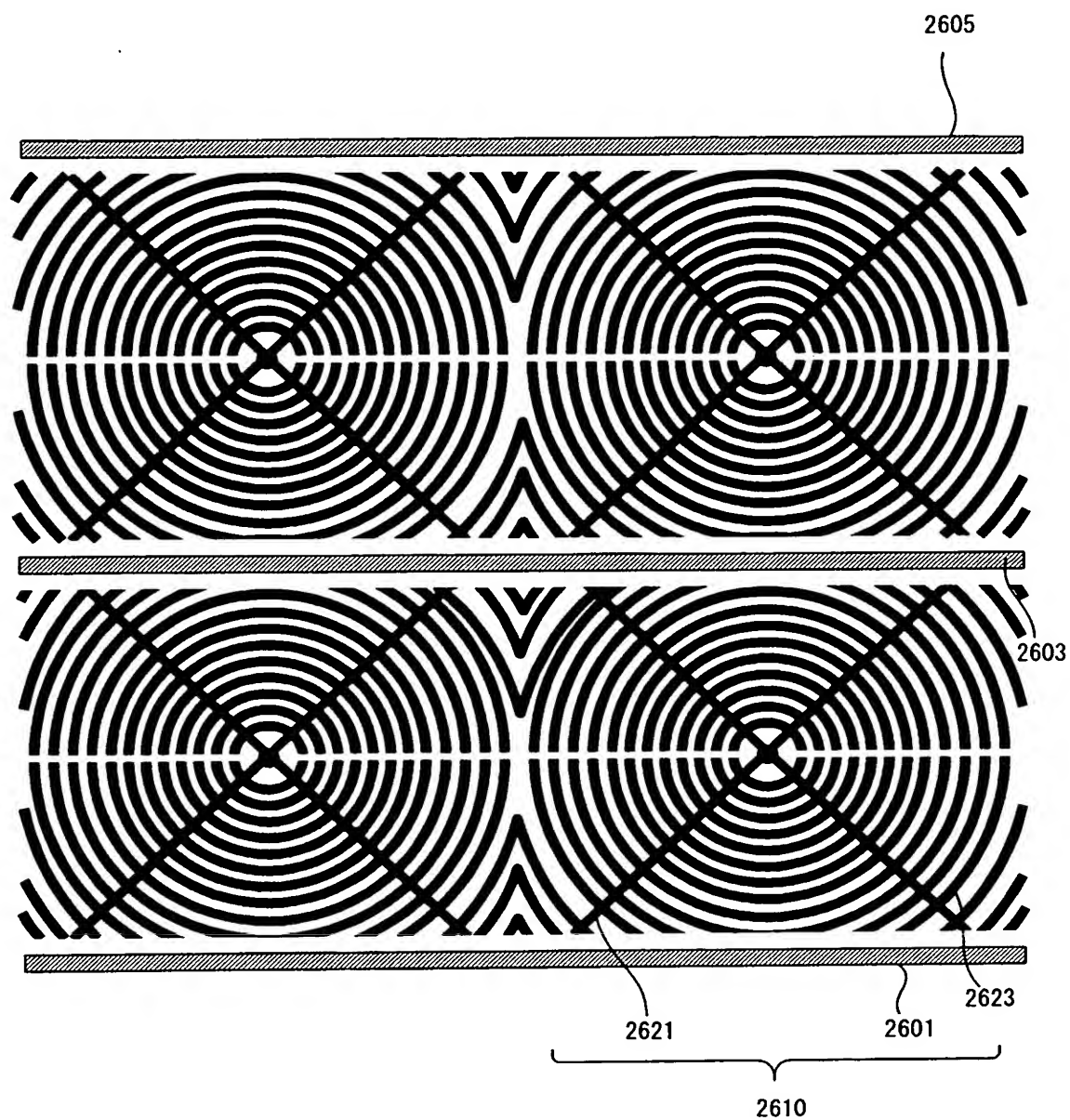
【図 29】



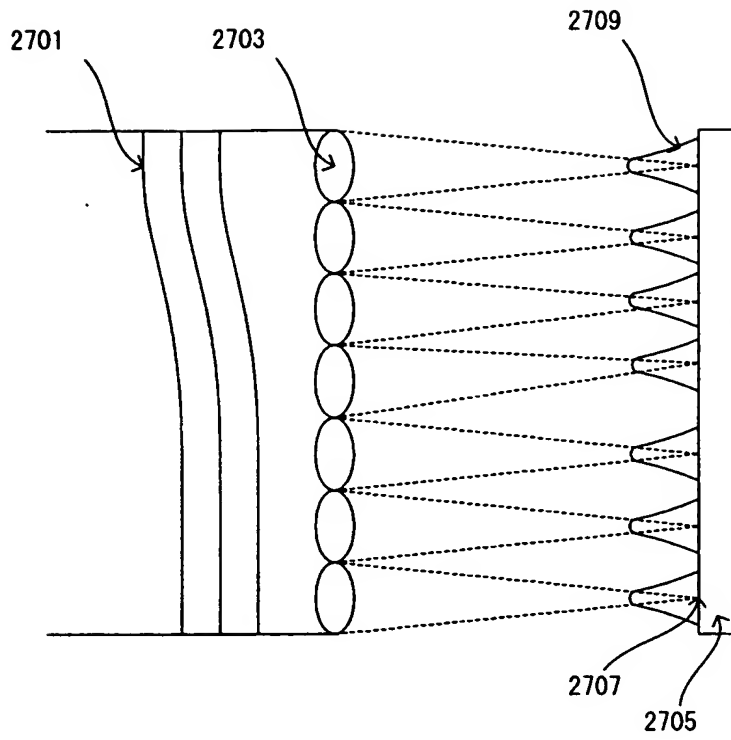
【図 30】



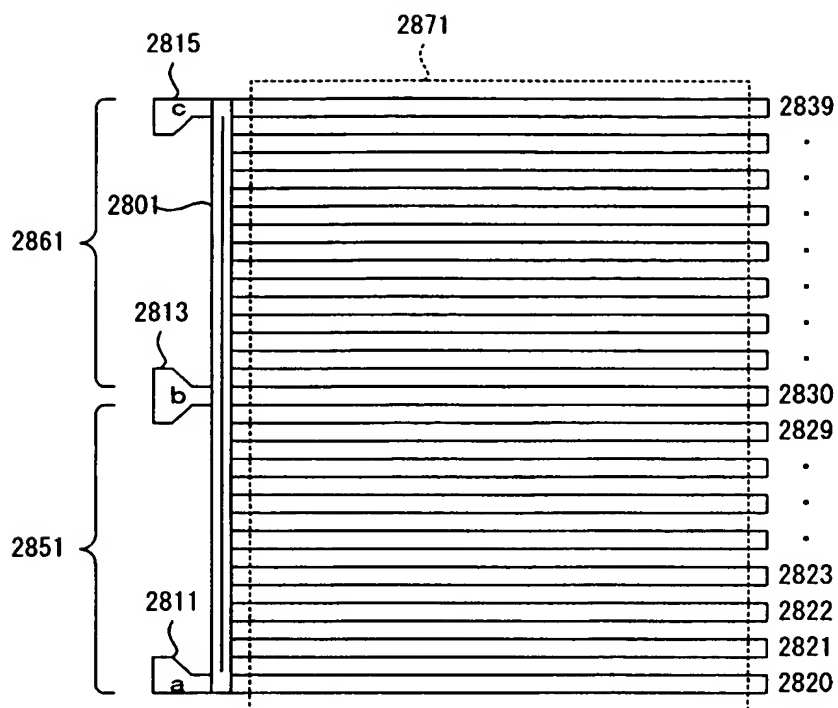
【図 31】



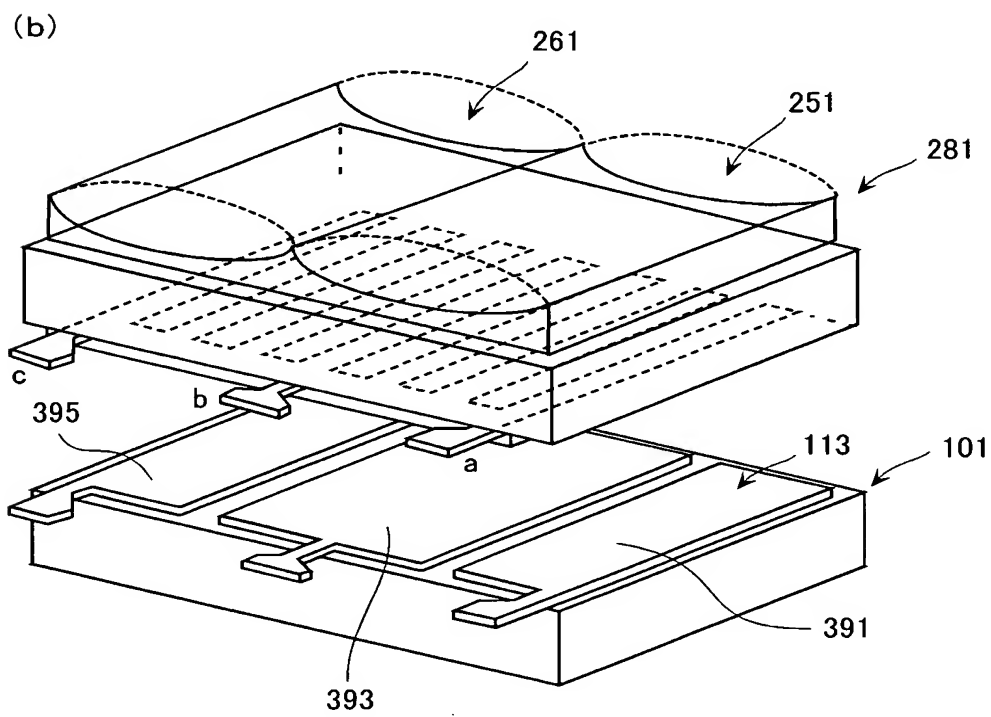
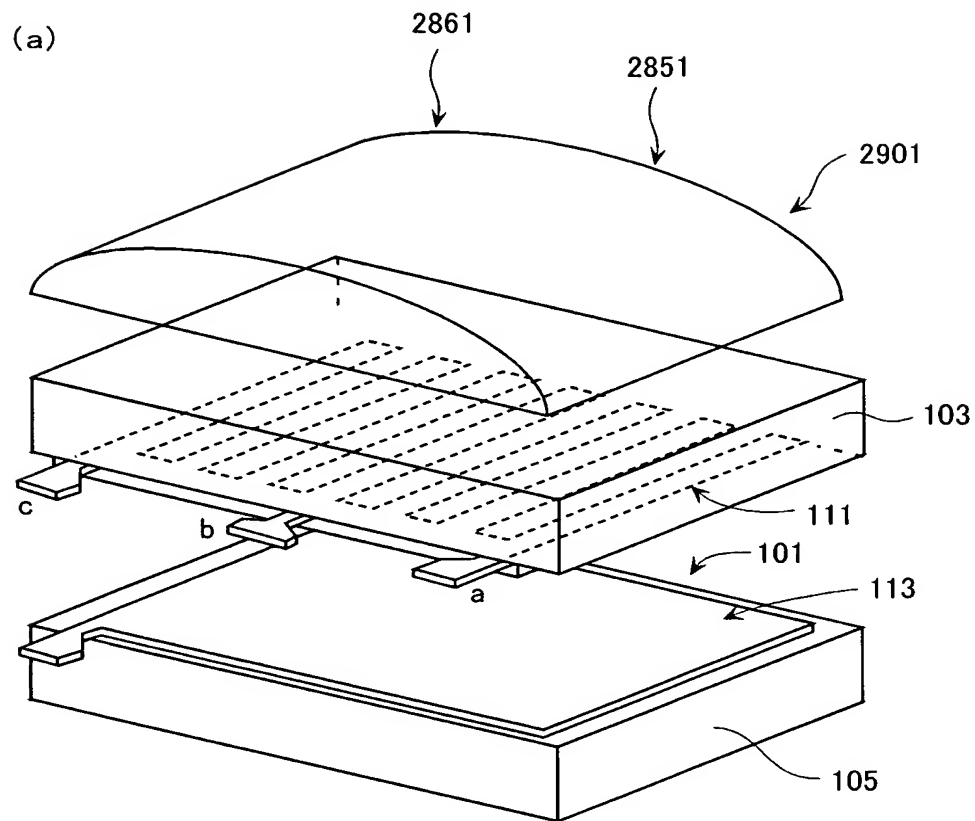
【図 32】



【図 33】

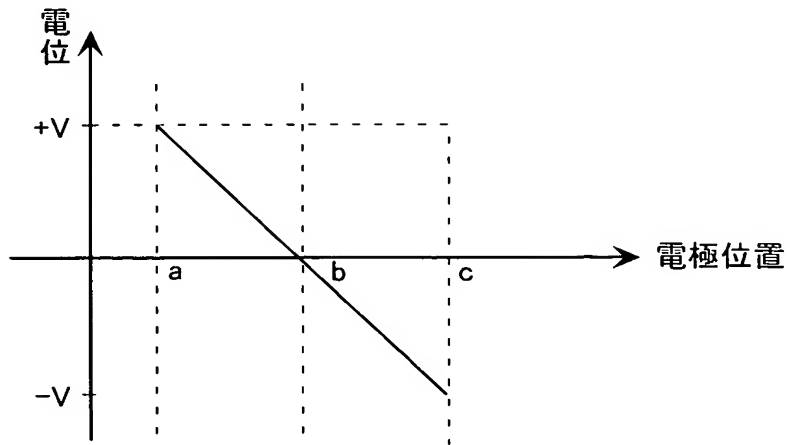


【図 34】

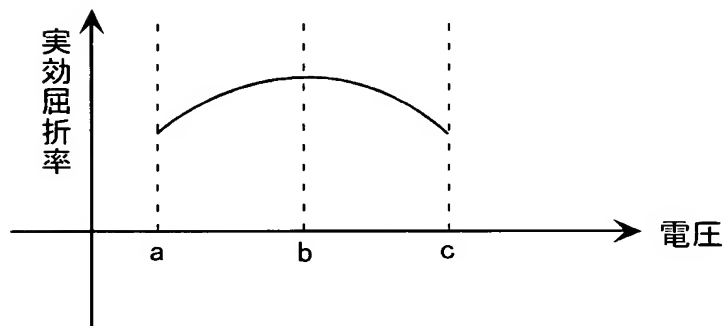


【図 35】

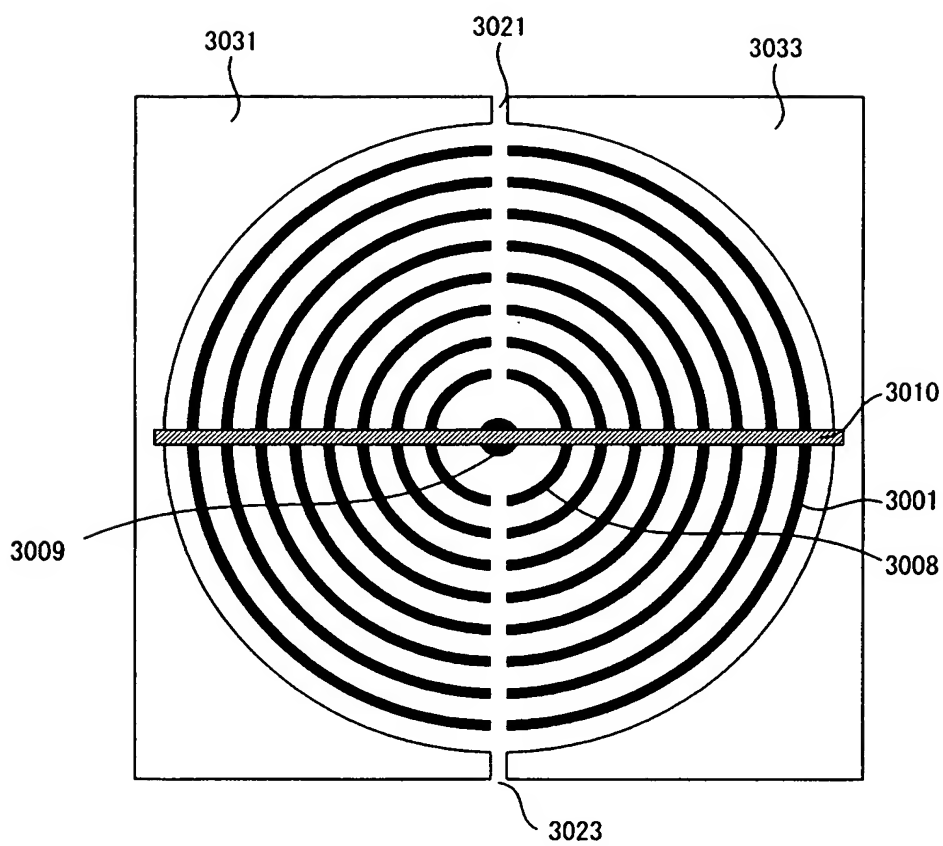
(a)



(b)



【図 36】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 凹レンズ動作を可能として焦点可変範囲を拡大し、可変焦点型のマイクロレンズアレイを構成する。

【解決手段】 液晶光変調装置の構成はそのままに、従来の凸レンズ動作領域とは異なる、液晶分子層の屈折率の変調領域の 2 次曲線変調領域を用いて前記液晶光変調装置の動作させて凹レンズとして動作させる。また、従来の液晶光得変調装置で用いていた 2 次曲線変調領域に加え、その領域とは異なる領域の 2 次曲線変調領域を用いて凹レンズとして動作させ、液晶光変調装置の動作を凸レンズと凹レンズとを可変とする。

【選択図】 図 5

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 5 4 3 5 6
受付番号	5 0 3 0 0 3 3 5 8 2 9
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0 0 9 1
作成日	平成 1 5 年 3 月 3 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成15年 2月28日

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 5 4 3 5 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 1 9 6 0]

1. 変更年月日 2 0 0 1 年 3 月 1 日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都西東京市田無町六丁目 1 番 1 2 号
氏 名 シチズン時計株式会社